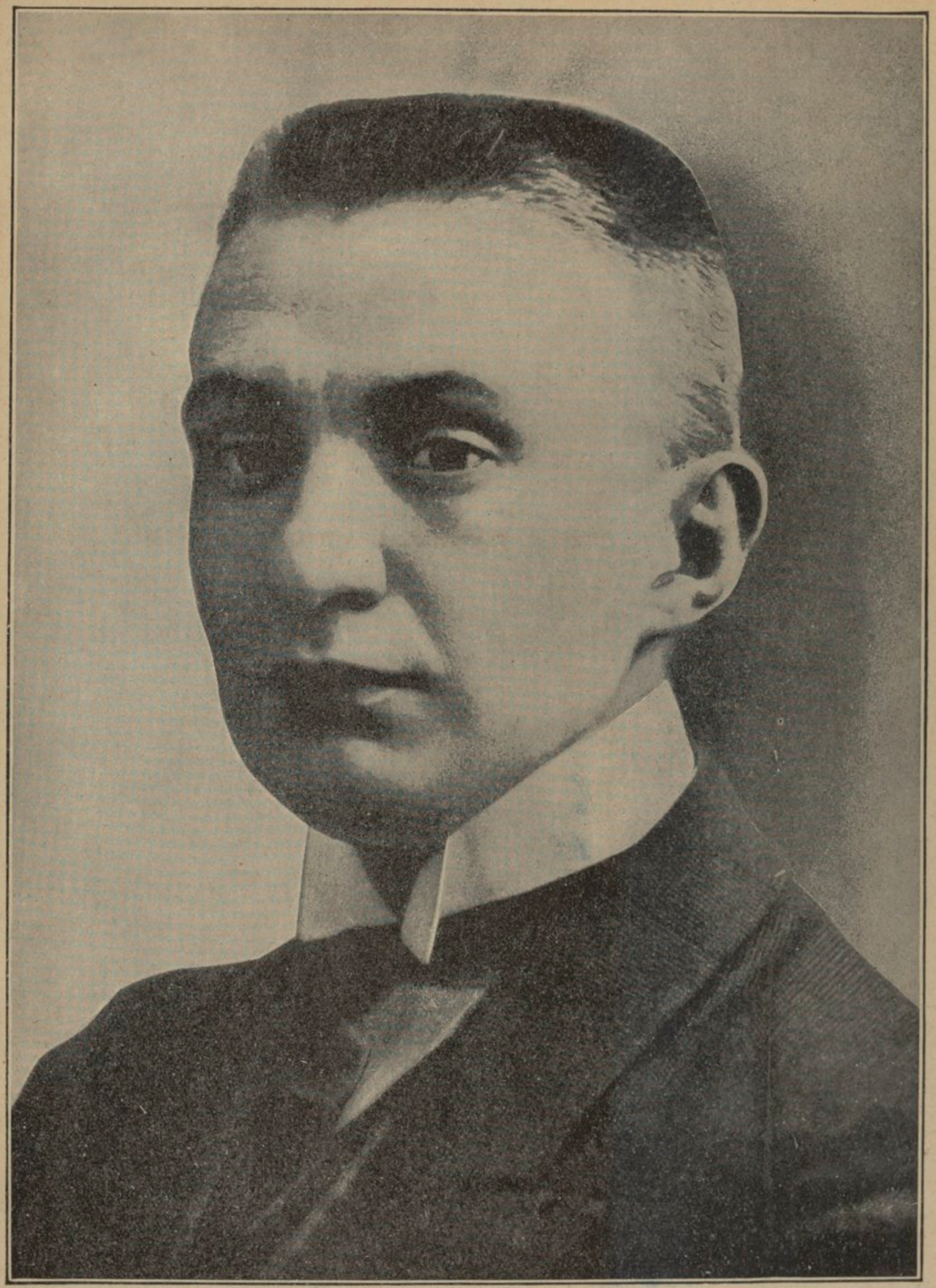
N° 34. Sept. 1917.

17e Numéro spécial : 1f 75

LA SCIENCE ET LA VIE

Source gallica.bnf.fr / BDIC (Bibliothèque de documentation internationale contemporaine)



M. KERENSKY

Président du Conseil des Ministres de Russie, en même temps titulaire des portefeuilles de la Guerre et de la Marine, M. Kerensky a sauvé la Révolution russe de l'anarchie; il a galvanisé l'armée, désorientée un moment par les menées pacifistes des agents de l'Allemagne, qui pullulaient dans l'ancien empire des tsars.

Édité par
"LA SCIENCE ET LA VIE"

LA RÉGION FRONTIÈRE FRANCO-ALSACIENNE

Numéro 34.
AOUT - SEPTEMBRE 1917

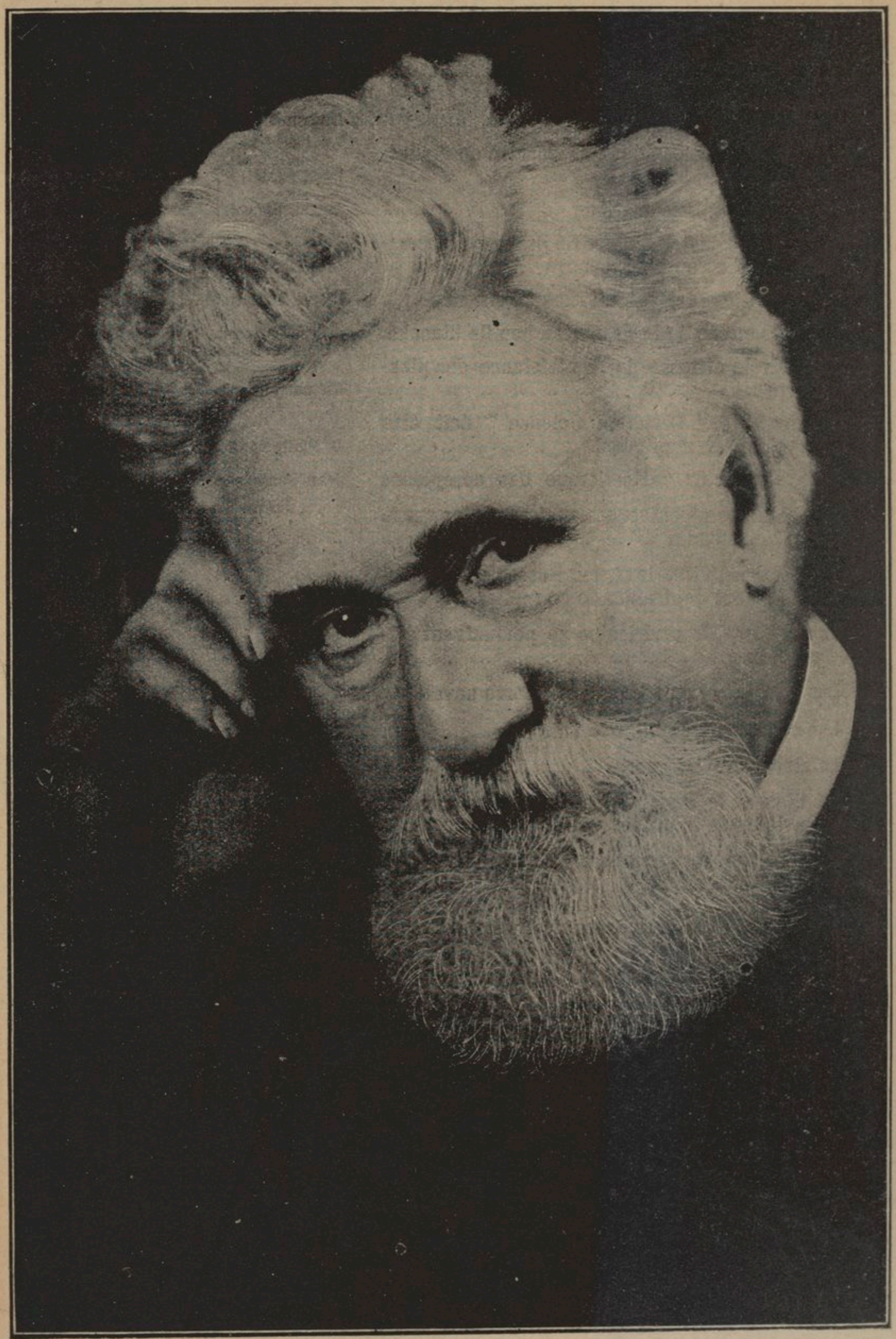
Nº 34. Tome XII.

SOMMAIRE

(AOUT-SEPTEMBRE 1917)

La puissance des explosifs.	Hudson Maxim	195
Les vapeurs volcaniques au service de l'industrie moderne	Ugo Funaioli	205
La télégraphie pneumatique	Lucien Fournier	215
Le travail industriel simplifié grâce au cinématographe et au chronomètre	Frédéric Balestat	231
L'alimentation des automobiles en essence	Pierre Meilleraie	241
Les ressources de la France en houille blanche.	Etienne Mauras. Ingénieur civil des Mines.	245
Le contrôle efficace de la résistance des planchers	Clément Ragot	255
Comment la " Christian Science " doit être comprise et appliquée.	Dr Philipon	261
Le problème de l'atterrissage des aéroplanes	Jean Fontanges	265
Des batailles gigantesques sont engagées sur le front occidental		277
Tout d'abord victorieux, les Russes et les Roumains sont contraints de se replier		283
Les préparatifs américains se poursuivent fiévreusement		287
Les principaux épisodes de la guerre navale		289
Les champs de bataille de l'air		293
Le zinc, métal de guerre	Frédéric de Lestrac	295
Le Rhin et le Danube, les deux grandes voies fluviales de l'Europe.	Charles Lordier.	307
L'utilisation des poussiers et des menus fragments de charbon.	Charles Raynouard Ing. des Arts et Manufactures.	319
La réfection des gros canons usés par le tir	Jacques Hubermann Anc. chef d'escadron d'artillerie.	329
Les fusils altiscopiques.	Robert Vernier	343
Les machines à calculer et leur utilisation pratique	Jacques Boyer	345
Un nouveau progrès en chirurgie : la radiostéréoscopie	Dr Mellebot	357
La nouvelle fabrication des chaînes pour la marine.	Georges Barenton	361
Les à-côtés de la Science (Inventions, découvertes et curiosités)	V. Rubor.	369
Chronologie des faits de guerre sur tous les fronts		379

HORS TEXTE : Grande carte en couleurs de l'Est de la France et de l'Alsace.



M HUDSON MAXIM LE CÉLÈBRE INVENTEUR AMÉRICAIN

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous.

Depuis la guerre, paraît tous les deux mois. — Abonnements : France, 10 francs, Etranger, 16 francs
Rédaction, Administration et Publicité : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copyright by La Science et la Vie *Août 1917.*

Tome XII — Août-Septembre 1917 — Numéro 34

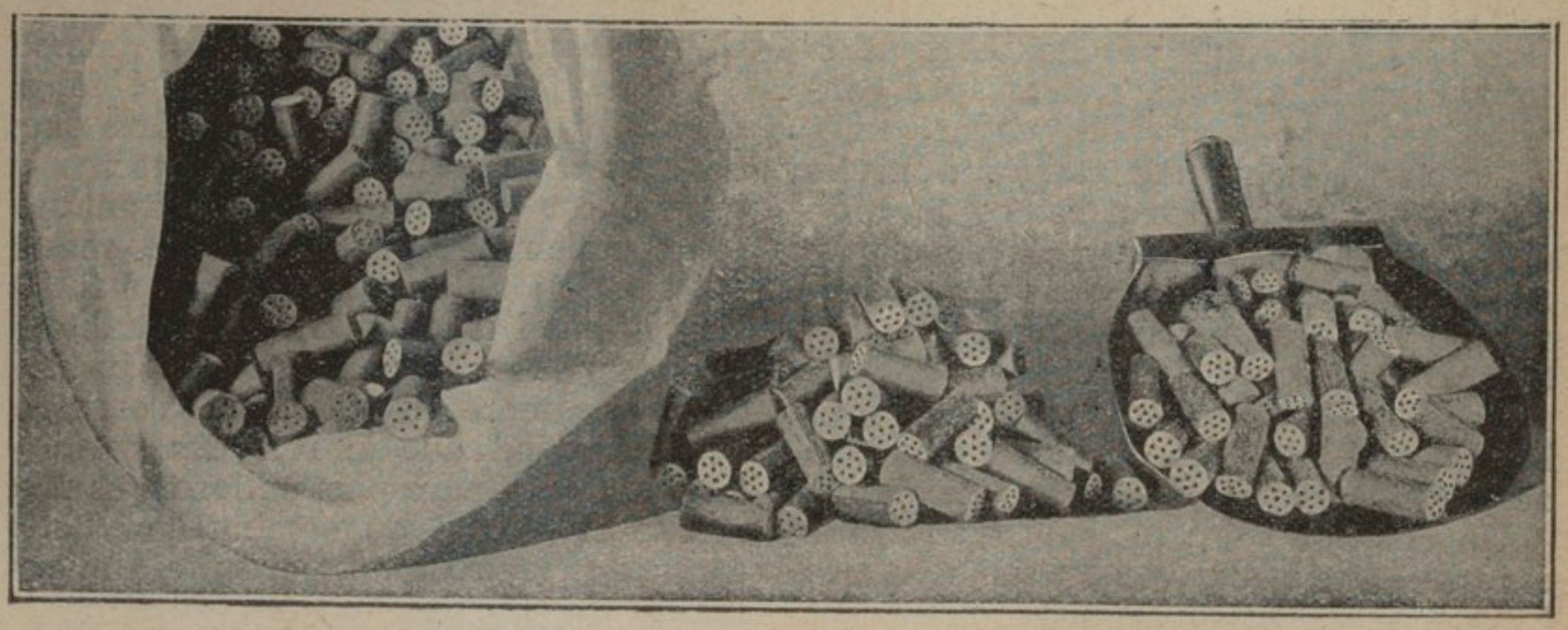
LA PUISSANCE DES EXPLOSIFS

par HUDSON MAXIM

D'éminentes personnalités, notamment MM. Painlevé, aujourd'hui ministre de la guerre, et Turpin, l'inventeur de la mélinite, ont magistralement traité dans cette revue la question des explosifs. Sur le même sujet, de plus en plus d'actualité, hélas! nous avons demandé au célèbre inventeur et philosophe américain, M. Hudson Maxim, d'écrire cet article, plein d'aperçus nouveaux, pour les lecteurs de « La Science et la Vie ».

C'est M. Hudson Maxim qui imagina de perforer les grains de la poudre à la nitrocellulose pour en permettre l'emploi dans les canons de gros calibre; son pays lui doit aussi une fusée pour obus de rupture et deux explosifs brisants particulièrement puissants, la « Maximite » et la « Stabilite ».

La nature et les effets, ainsi que la fabrication des explosifs ont été trop bien expliqués et décrits dans cette revue, à laquelle, pour la première fois, je suis heureux d'apporter mon modeste concours, pour que je vienne ressasser aux lecteurs qui me feront l'honneur de lire cette étude des choses qu'ils ne sont pas loin maintenant de connaître aussi bien que moi. Au surplus, dans ce premier contact avec des citoyens d'un pays dont l'Amérique s'est toujours honorée d'être l'amie et s'honore aujourd'hui d'être l'alliée, je serais mal fondé à faire état d'une science revêche, quand je peux préciser sous une forme plus agréable ce que sont ces matières qui, judicieusement asservies par l'homme,



LA POUDRE SANS FUMÉE AMÉRICAINE, A BASE DE NITROCELLULOSE PURE

Cette poudre se présente sous l'aspect de minuscules cylindres perforés de sept petits trous.

ont transformé le monde moderne dans sa structure la plus intime. Il est vrai, par contre, que ces mêmes substances ont, par leur puissance aveugle, aidé des barbares à s'emparer d'un sol sacré, mais, juste retour des choses, elles le leur rendent aujourd'hui intenable.

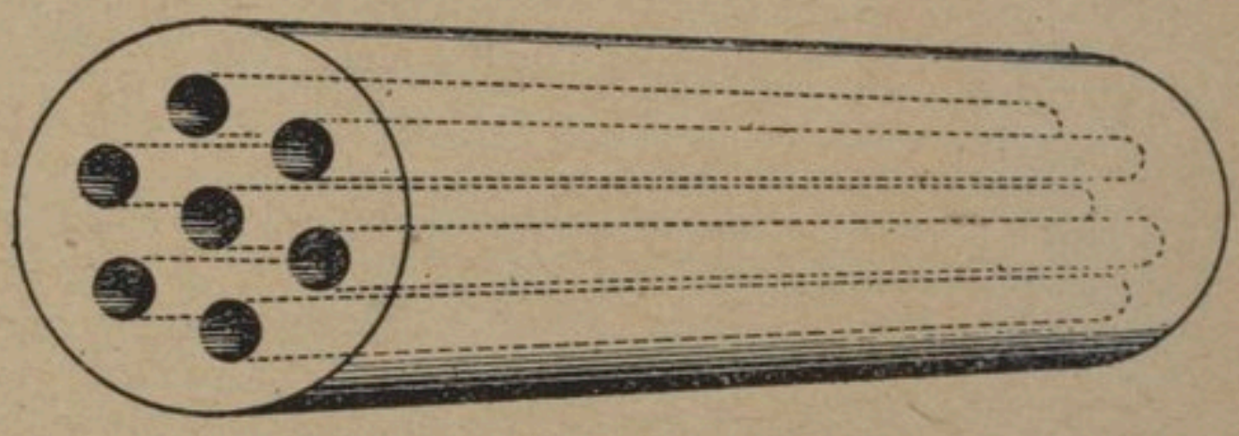
Une matière explosive est la combinaison d'un combustible et d'un comburant ; ce comburant est un agent oxygéné qui sert à brûler le combustible. Par conséquent, l'explosif renferme dans sa propre substance l'oxygène nécessaire à sa combustion et peut, par suite, brûler librement dans un espace confiné, complètement isolé de l'air atmosphérique.

Il existe deux principales catégories de matières explosives, qui sont les explosifs brisants, dits hauts explosifs, et le coton poudre. Il y a aussi deux principales sortes d'explosifs brisants, celle des dynamites et celle des hauts explosifs particulièrement utilisés dans des buts militaires. Enfin, il y a également deux principales espèces de coton poudre : le coton poudre noir et fumeux et le coton poudre sans fumée. Ceci était important à dire.

Un haut explosif est consumé presque instantanément par ce que l'on appelle une vague détonante ; c'est la raison pour laquelle on dit qu'il détone. Lorsque le coton poudre explose, il n'est pas consumé par une semblable vague, mais brûle par couches successives à partir de la surface et, plus il est confiné, ou mieux, plus la pression qu'il développe en brûlant est retardée dans son expansion, plus la combustion est rapide. Pourtant, si rapide que soit cette action, elle est, dans les conditions spéciales qui l'activent, infiniment plus lente que celle de la détonation des hauts explosifs.

Un coton poudre est fumeux lorsque ses produits de combustion ne sont pas tous gazeux. Quarante-quatre pour cent seulement des produits de combustion de la poudre noire sont gazeux ; le reste représente des matières solides inertes qui produisent la fumée. Les produits de combustion de la poudre sans fumée sont, par contre, pratiquement tous gazeux. Il s'ensuit que, à poids égal, — et il est aisé de le comprendre — cet explosif est beaucoup plus puissant que la poudre noire.

La poudre sans fumée employée par les Etats-Unis est obtenue par dissolution d'une certaine espèce de coton-poudre, appelée nitrocellulose, dans un mélange d'éther et d'alcool, la quantité de dissolvant employée étant tout juste suffisante pour gélatiniser la nitrocellulose, qui est alors travaillée et convertie par une matrice en tiges ou en baguettes. Les tiges sont coupées en morceaux d'égale longueur d'environ trois fois leur diamètre. La matrice, invention de l'auteur, comporte sept mandrins, disposés de manière que lorsque la pâte est repoussée à travers l'appareil, chaque tige sortant de la matrice soit percée dans le sens longitudinal de sept trous, tous également espacés : un au centre et les six autres tout autour. Les morceaux de poudre, que, par habitude, on continue à appeler « grains », sont ensuite séchés, pour être prêts à l'usage. Ils donnent assez bien l'apparence des bougies perforées que l'on trouve couramment dans le commerce.



« GRAIN » DE POUDRE CYLINDRIQUE DE M. HUDSON MAXIM A LA NITROCELLULOSE PURE

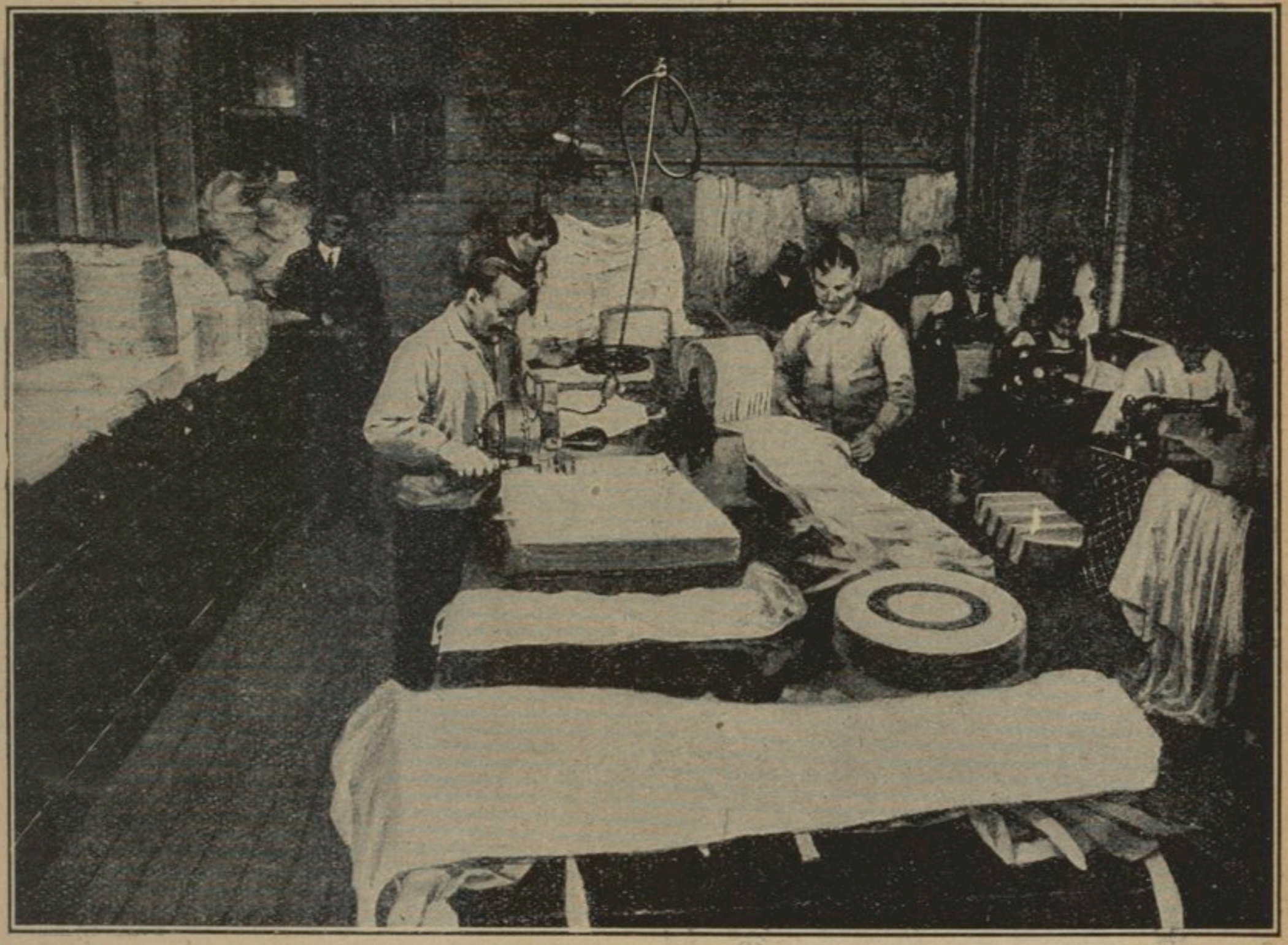
Comme on l'a vu dans la photographie publiée à la page précédente, ce grain est perforé de sept canaux, un au centre et les six autres suivant les arêtes formées par les pans d'un hexagone. Le diamètre des trous, par rapport à la section transversale du grain, est tel que l'épaisseur de matière est partout la même. La longueur du grain est de trois à quatre fois son diamètre.

Quand la poudre sans fumée, fabriquée suivant ce procédé, est brûlée dans un canon, sa surface entière externe et interne est pour ainsi dire instantanément enflammée par une petite charge amorce de poudre noire (poudre à fusil). La combustion à l'intérieur agrandit de plus en plus le diamètre des trous jusqu'à ce que le morceau entier soit consumé. On comprend que le rôle des perforations est de rendre plus uniforme et plus rapide la vitesse de combustion. Cette forme de « grain » tend, par suite, à mieux maintenir la pression en arrière du projectile dans son parcours à travers l'âme de la pièce, et permet l'emploi de

charges de poudre plus fortes produisant des pressions proportionnellement plus faibles. En réalité, il serait complètement impossible d'employer dans les canons de gros calibre une poudre sans fumée faite de nitrocellulose pure, dont les grains ne seraient pas perforés.

Certaines nations qui n'ont pas adopté cette forme de poudre, emploient de la nitroglycérine en combinaison avec de la nitrocellulose ; le produit obtenu brûle sur une plus grande profondeur à égalité de temps, ce qui dispense de perforer les « grains », mais les poudres renfermant de la nitroglycérine ont l'inconvénient d'éroder les canons et, par suite, de les mettre rapidement hors de service. Les pièces dans lesquelles ne sont brûlées que des poudres faites de nitrocellulose pure durent beaucoup plus longtemps que celles dans lesquelles il est fait emploi du mélange précité.

Lorsqu'un canon de gros calibre est tiré, le temps qui s'écoule entre l'instant de l'inflammation complète de la charge de poudre et l'instant où le projectile quitte la bouche de la pièce est de l'ordre du cinquantième ou soixantième de seconde. Durant ce laps de temps, les morceaux de poudre ne sont consumés que sur environ 1 m. 60 de longueur. Par conséquent, la rapidité de combustion ou, si l'on préfère, la rapidité d'explosion de la poudre sans fumée dans un canon



LA CONFECTION DES GARGOUSSES POUR CANONS DE GROS CALIBRE

Les ouvriers américains qui se livrent à ce travail ressemblent plutôt à des tailleurs qu'à des artificiers. Les sacs destinés à contenir les charges pour pièces de 14 pouces sont confectionnés avec de la toile découpée, sur un très grand nombre d'épaisseurs, au découpoir électrique.

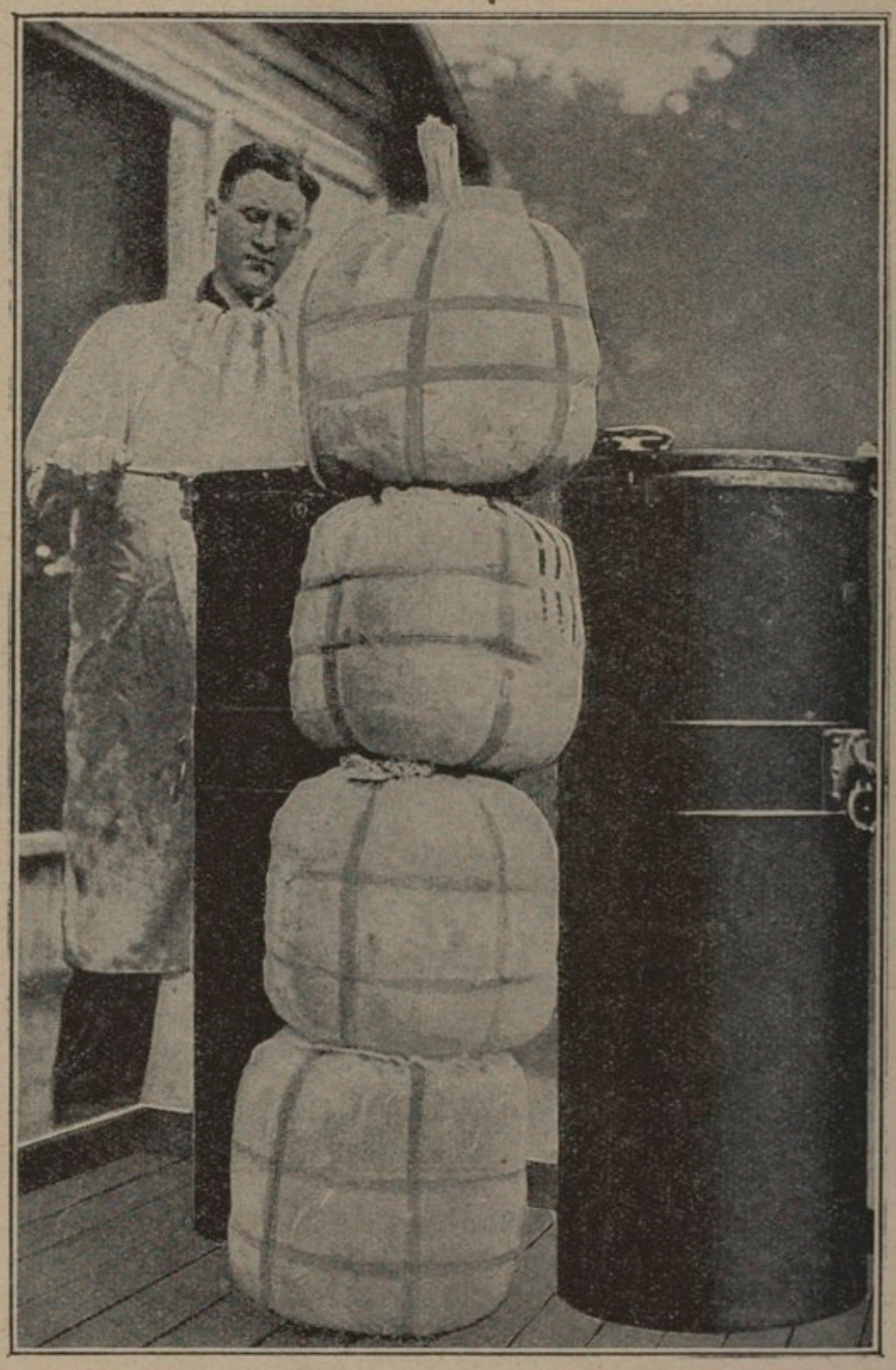
est d'environ 102 millimètres par seconde, alors qu'on a pu calculer, par des expériences minutieuses et très précises, que cette rapidité, pour la dynamite et les autres hauts explosifs est d'environ 6.400 mètres par seconde. Comparées l'une à l'autre, ces deux vitesses sont donc dans le rapport de 1/64.000e.

Le temps pris par le projectile d'un canon de 30 cm. 5 pour parcourir le tube intérieur de la pièce n'étant que d'un soixantième de seconde environ, soixante de ces canons géants pourraient être placés les uns à côté des autres et tirés

électriquement l'un après l'autre dans le temps qu'une horloge ferait entendre un tic-tac. Nos idées de durée ne sont que relatives. Nous avons vu que si rapide qu'elle apparaisse à nos sens, la combustion de la charge de poudre dans un canon est, en réalité, extrêmement lente comparée à celle, infiniment plus rapide, d'un explosif brisant ; et, si grande que soit la vitesse de la vague détonante elle-même, elle est encore quatre fois plus lente que celle de la terre sur son orbite céleste.

Si l'un des géants que Jupiter foudroya ressuscitait avec un esprit aussi malveillant et que, empruntant aux mortels des foudres que les dieux d'alors nous eussent enviées, il s'avisait, pour détruire les humains, de vouloir faire détoner, juste en arrière de notre planète, une formidable bombe de dynamite d'un diamètre égal à celui de la terre, il faudrait à cette bombe une demi-heure pour exploser ; autrement dit, il s'écoulerait trente minutes pour que la vague explosive ait le temps de parcourir les quelque 12.750 kilomètres de diamètre (diamètre moyen de la terre) que mesurerait la bombe elle-même. Or, la vitesse orbitaire de la terre étant, comme nous l'avons dit, quatre fois plus grande que celle de la vague explosive, notre planète aurait parcouru environ 51.000 kilomètres à l'instant, où, dans un tonnerre inimaginable, exploserait l'inconcevable bombe.

L'explosion imaginaire se produisant dans un milieu impondérable, les fragments de la bombe, projetés en tous sens, n'auraient aucune raison de s'arrêter, puisque, d'une part, ils n'auraient pas à vaincre de résistance d'air et que, d'autre part, ils ne seraient sollicités de tomber (tomber où d'ailleurs ?) par aucune force de pesanteur. Si cependant il arrivait que certains d'entre eux se trouvassent jamais sur le chemin de notre planète et assez près pour être attirés par elle, ils s'échaufferaient en traversant rapidement notre atmosphère, rougiraient, éclateraient et tomberaient sur la Terre, absolument comme les aérolithes.....



CES QUATRE SACS DE POUDRE NE CONSTITUENT QU'UNE SEULE CHARGE POUR LES CANONS DE 356 MILLIMÈTRES

Si les espaces interplanétaires étaient brusquement transformés en une substance aussi impondérable que l'éther et aussi explosive que la dynamite, que la bombe enflammerait en détonant, la Terre n'en continuerait pas moins sa route pendant deux cent soixante-dix jours, soit neuf mois, car ce temps serait nécessaire pour que, d'un point quelconque de l'écliptique, une telle vague puisse atteindre notre soleil. Dans l'hypothèse où nous sommes, la matière du soleil est supposée être également trans-

SI QUELQUE GÉANT FABULEUX VOULAIT FAIRE SAUTER LA TERRE AVEC UNE BOMBE DE DYNAMITE D'UN DIAMÈTRE ÉGAL A CELUI DE NOTRE PLANÈTE...

.. « *il faudrait à cette bombe une demi-heure pour exploser; autrement dit, il s'écoulerait trente minutes pour que la vague explosive ait le temps de parcourir les quelque 12.750 kilomètres de diamètre que mesurerait la bombe elle-même.* »

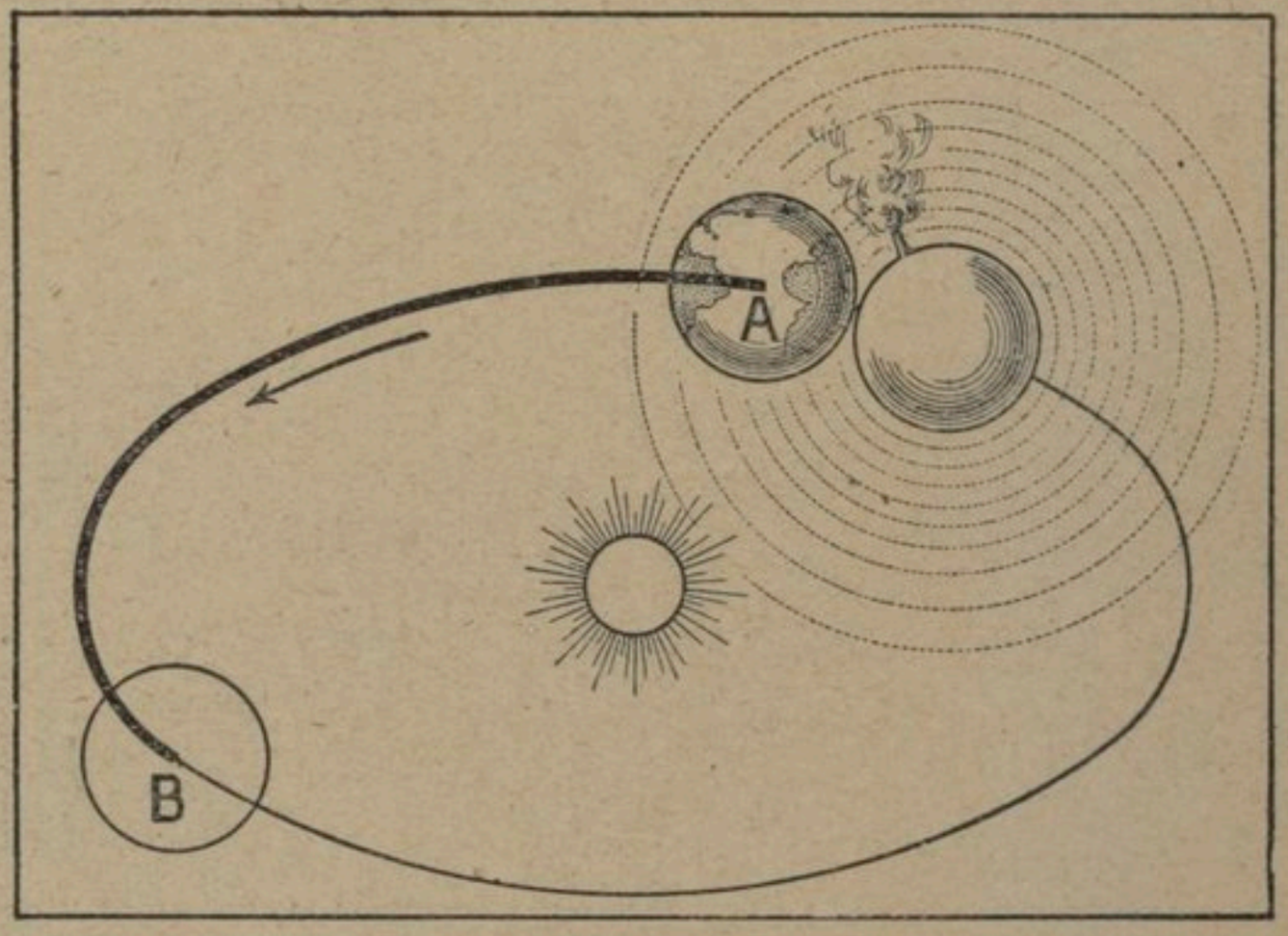
formée en un haut explosif qui détonerait lorsque la vague l'atteindrait. Le soleil mettrait alors lui-même deux jours et demi pour exploser complètement.

On sait que la force exercée par un haut explosif dépend entièrement de la pression que les gaz générés par l'explosion sont capables de produire. On a calculé que la force développée par le plus puissant des explosifs, soit les plus fortes pressions qu'il soit possible de produire, est environ de 35.000 kilogrammes par centimètre carré.

Par conséquent, si la totalité de la masse en fusion qui constitue ce que l'on appelle le noyau central de notre terre venait à être remplacée par de la dynamite et mise en feu, l'explosion qui suivrait n'aurait pas suffisamment de force pour soulever la croûte terrestre, dont le poids et la cohésion, joints à la force de la pesanteur, feraient échec aux pressions qui seraient exercées par les gaz issus de la combustion de la dynamite.

Cette explosion n'en détruirait pas moins la plus grande partie de ce que les humains ont eu tant de peine à édifier, et modifierait profondément le relief de la surface de notre globe car, loin de demeurer à l'état d'énergie latente, de se solidifier ou de se liquéfier en partie, les gaz issus de cette combustion formidable utiliseraient, pour s'échapper au dehors, les soupapes de sûreté naturelles que représentent, pour la chaudière que nous habitons, les volcans innombrables qui percent la croûte terrestre. Et, non seulement traverseraient-ils ceux de ces volcans qui sont actuellement en activité ou temporairement au repos, mais ils se chargeraient de ranimer énergiquement ceux qui, depuis des siècles, sont considérés comme définitivement éteints.

S'il était possible de tirer un projectile sur l'étoile la plus rapprochée de la Terre, l'étoile Alpha de la constellation du Centaure, il faudrait environ trois ans et demi pour que la lumière de la lueur atteignît cet astre, à raison pourtant d'une vitesse de propagation d'environ 300.000 kilomètres à la seconde. Si le son pouvait se propager à travers l'éther, le bruit du coup de canon ne s'y ferait entendre que trois millions quatre-vingt mille années plus tard. Le projectile lui-même, qui parcourt deux fois plus d'espace que le son dans le même temps arriverait au but au bout de un million cinq-cent-quarante mille années, en admettant, ce qui est évidemment impossible, qu'il conservât sa vitesse initiale pendant toute sa course.



LA POSITION DU SOLEIL ET LES POSITIONS SUCCESSIVES DE LA TERRE PAR RAPPORT AUX VAGUES EXPLOSIVES ENGENDRÉES PAR LA BOMBE IMAGINAIRE

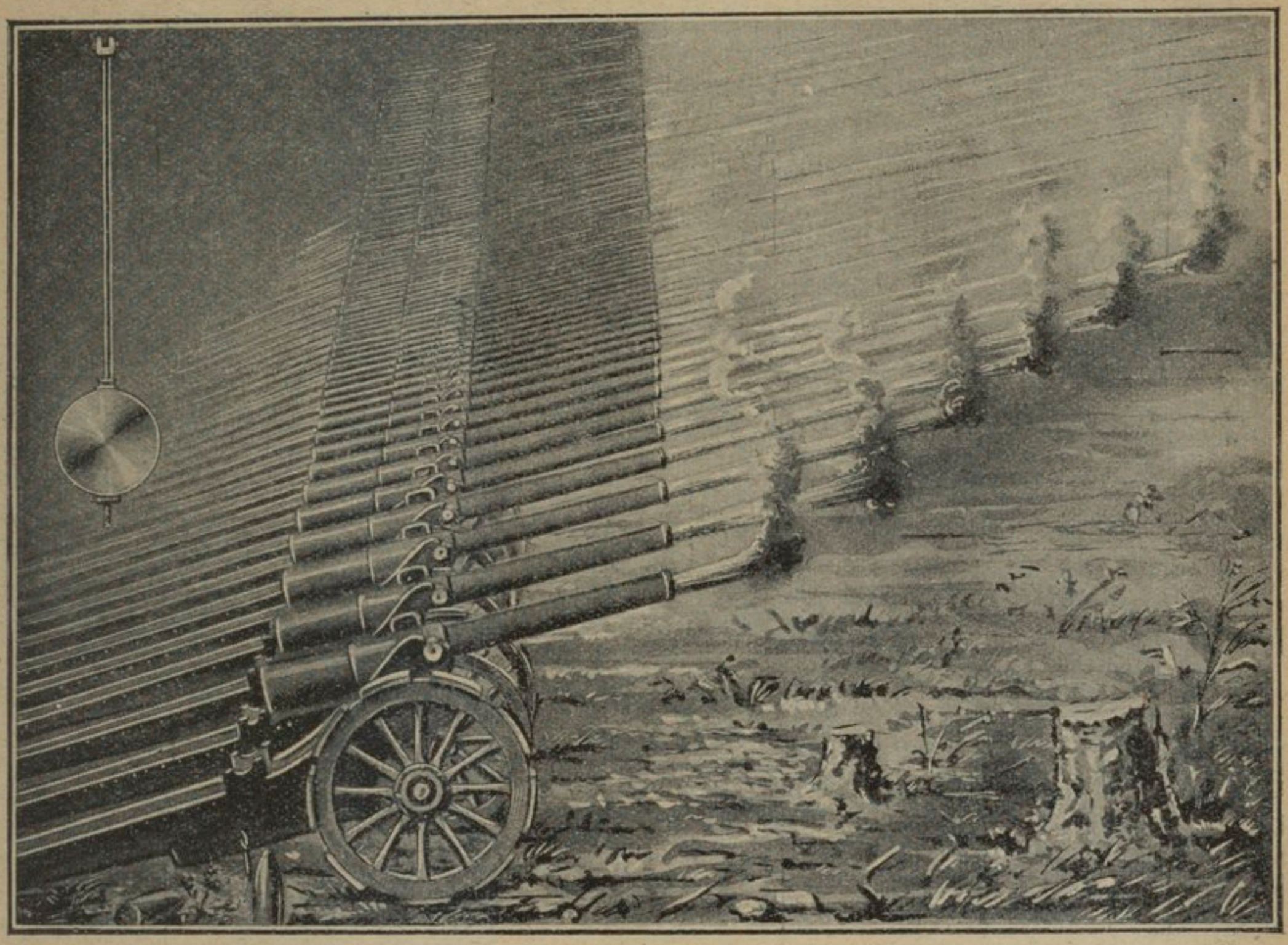
Lorsque la bombe placée derrière la terre éclaterait, notre planète, dont la vitesse est quatre fois environ plus grande que celle de la vague détonante consumant l'explosif, aurait parcouru sur son orbite la distance A B. *D'autre part, si les espaces interplanétaires, ainsi que le soleil, étaient brusquement transformés en dynamite, la terre pourrait encore continuer sa route pendant neuf mois, car ce temps serait nécessaire pour que la vague explosive générée par l'explosion de la bombe puisse atteindre le soleil et provoquer son éclatement.*

Quand un canon de 305 millimètres est tiré, le projectile, qui pèse environ 455 kilogrammes, possède, au moment où il sort de la pièce, une énergie que l'on évalue en termes mécaniques à environ 50.000 pieds-tonnes (1), c'est-à-dire une énergie correspondant à la force développée par un poids de 50.000 tonnes tombant d'une hauteur de un pied (30 centimètres). Cette force serait donc plus que suffisante pour soulever deux cuirassés de 25.000 tonnes chacun de 30 centimètres au-dessus des flots.

(1) Ces 50.000 pieds-tonnes n'ont pas été convertis en mesures métriques pour laisser à l'image de l'auteur toute sa signification. (*Note du traducteur*).

Tombant sur une plaque de cuirasse trop dure et trop épaisse pour être pénétrée par lui, le projectile développerait par son écrasement sur cette cuirasse une chaleur qui serait suffisante pour fondre 340 kilogrammes de fonte de fer.

Plusieurs erreurs populaires ont cours en ce qui concerne l'action des matières explosives. La plus répandue consiste à



BATTERIE DE 60 CANONS DE GROS CALIBRE FAISANT FEU SUCCESSIVEMENT

Le temps pris par le projectile d'un canon de 305 mm. pour parcourir le tube intérieur de la pièce n'étant que d'un soixantième de seconde environ, soixante de ces bouches à feu pourraient être placées les unes à côté des autres et tirées électriquement l'une après l'autre dans le temps qu'une horloge ferait entendre son tic-tac.

penser que leur action est dirigée de haut en bas, et que, si une bombe explose à la surface du sol, c'est dans la terre que les effets se font le plus sentir. Cette erreur tient à ce que, dans le cas considéré, la trace palpable de l'explosion est représentée par le cratère. Il n'en est pas moins vrai que les effets de la détonation sont dirigés de bas en haut. Quand une bombe détone, elle est pratiquement et instantanément transformée en une bombe de gaz et de vapeurs incandescentes à très haute pression.

Lorsque ces gaz sont emprisonnés, ils tendent à rompre le récipient qui les renferme. Quand un gros projectile en acier est chargé avec un explosif à grande puissance, de l'acide picrique, par exemple, et qu'on le fait exploser, les parois du projectile sont non seulement brisées, mais elles sont encore arrachées, tordues et déchiquetées ; l'action est, en fait, tellement rapide que la surface intérieure du métal est comprimée et durcie contre le métal extérieur. Ces effets permettent aux personnes compétentes de vérifier très facilement, par le simple examen des fragments d'un projectile éclaté, si celui-ci était chargé avec un haut explosif ou une poudre lente et progressive.

Une autre fausse opinion qu'il a été extrêmement difficile de déraciner, et qui a coûté très cher à détruire (elle avait la vie plus tenace que l'hydre aux sept têtes), est que, si on laissait tomber, par exemple, 200 ou 250 kilogrammes de dynamite sur un navire de guerre ou des

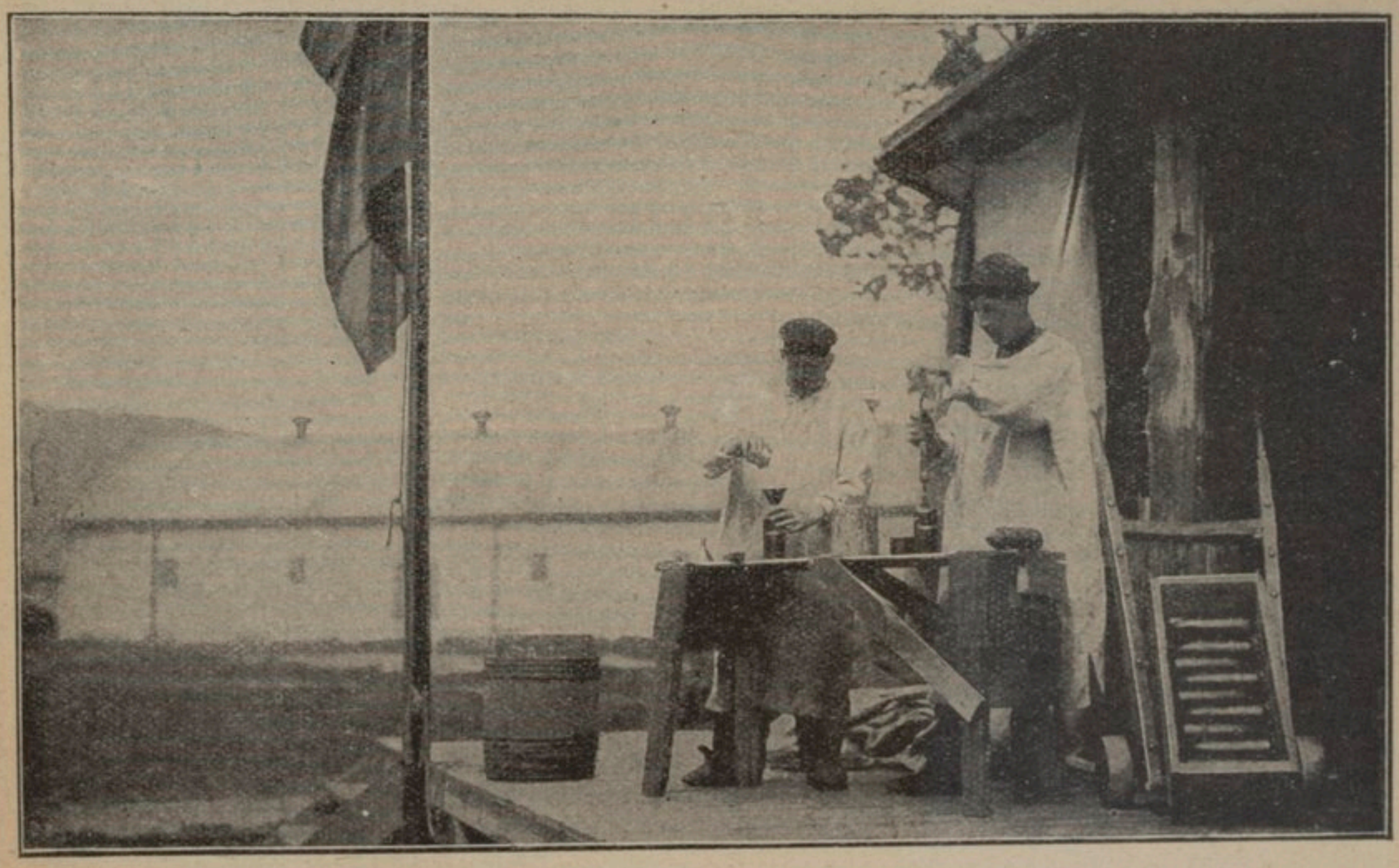
fortifications, la cible serait complètement détruite par l'explosion, et que quelques bombes de même puissance lancées du haut des airs sur une ville suffiraient à la réduire à peu près en cendres.

A l'avènement du ballon dirigeable et de l'aéroplane, on était généralement convaincu que la bombe aérienne deviendrait rapidement l'engin de guerre le plus destructif. On prophétisait que si la guerre venait à éclater entre la France et l'Allemagne ou entre l'Angleterre et l'Allemagne, Paris ou Londres serait bientôt détruit de fond en comble par les bombes des zeppelins.

Plusieurs années avant qu'éclatât la guerre européenne, — il vaudrait mieux dire la guerre mondiale, — j'ai prédit que les bombes des zeppelins ne pourraient en aucune manière causer beaucoup de dégâts ; les événements ont confirmé ma prédiction. Je fis notamment remarquer que si une centaine de zeppelins venaient à survoler la ville de Londres chaque jour pendant une année, et que si tous ces zeppelins réussissaient chaque fois à détruire deux immeubles chacun, la destruction totale résultant de ces raids quotidiens viendrait juste compenser le développement de cette ville, puisqu'il se construit à Londres 60.000 maisons par an.

Lorsqu'une certaine quantité de substance explosive est amenée à détoner contre un corps dur, contre n'importe quel corps solide, pourrait-on dire (pourvu qu'il soit placé à l'air libre), les pressions développées, prenant appui sur ce corps, rebondissent dans la direction de la plus faible résistance, non sans causer au corps, en raison de leur violence et de leur quasi-instantanéité, des détériorations plus ou moins importantes. C'est pour cette raison que les grandes explosions ne produisent pas plus de dommages. Pour n'en citer qu'une preuve, je rappellerai la catastrophe qui survint le 30 juillet 1916 dans le port de New-York : une quantité énorme de shrapnells et d'autres munitions sauta ; leurs fragments s'abattirent sur les eaux environnantes, les wharfs, les navires, etc..., en une pluie de fer. Il n'y eut pourtant qu'un très petit nombre de personnes tuées et le dommage matériel causé aux maisons et édifices de Jersey-City, Manhattan et Brooklyn fut étonnamment faible, à l'exception du verre cassé.

Comment est-il possible, lorsque tant de vitres sont brisées à des distances considérables, que les fondations et les murs des immeubles ne souffrent pas davantage? L'explication en est très simple : lorsqu'une quantité importante d'explosif brisant détone, une vague de compression atmosphérique est radiée par l'explosion dans toutes les directions.



CHARGEMENT DE PROJECTILES DE PETIT CALIBRE DANS UN ARSENAL AMÉRICAIN

TRANSPORT DE CAISSES DE MUNITIONS NAVALES DANS UN ARSENAL DES ÉTATS-UNIS

C'est, en somme, une formidable onde sonore qui se propage exactement à la vitesse du son, environ 340 mètres par seconde. Bien entendu, les maisons ou autres édifices assez rapprochés de l'explosion pour se trouver sur le chemin même des gaz issus de la combustion ou de la couche d'air en contact immédiat avec ces gaz et projetée en avant par eux à la manière d'un projectile, peuvent être détruits, mais la zone où cette action survient est tellement circonscrite qu'à plus de 400 ou 500 mètres du lieu de l'explosion, il ne peut être causé de dégâts matériels très graves.

Cependant, la vague sonore se propage sur un rayon de plusieurs kilomètres, et l'ébranlement moléculaire qu'elle produit est suffisant pour amener la rupture ou le bris de matières aussi fragiles, par exemple, que le verre. C'est ce qui explique que l'explosion dont il a été parlé ait causé pour environ un million de dollars de pertes, en vitres et glaces brisées, dans la seule ville de New-York.

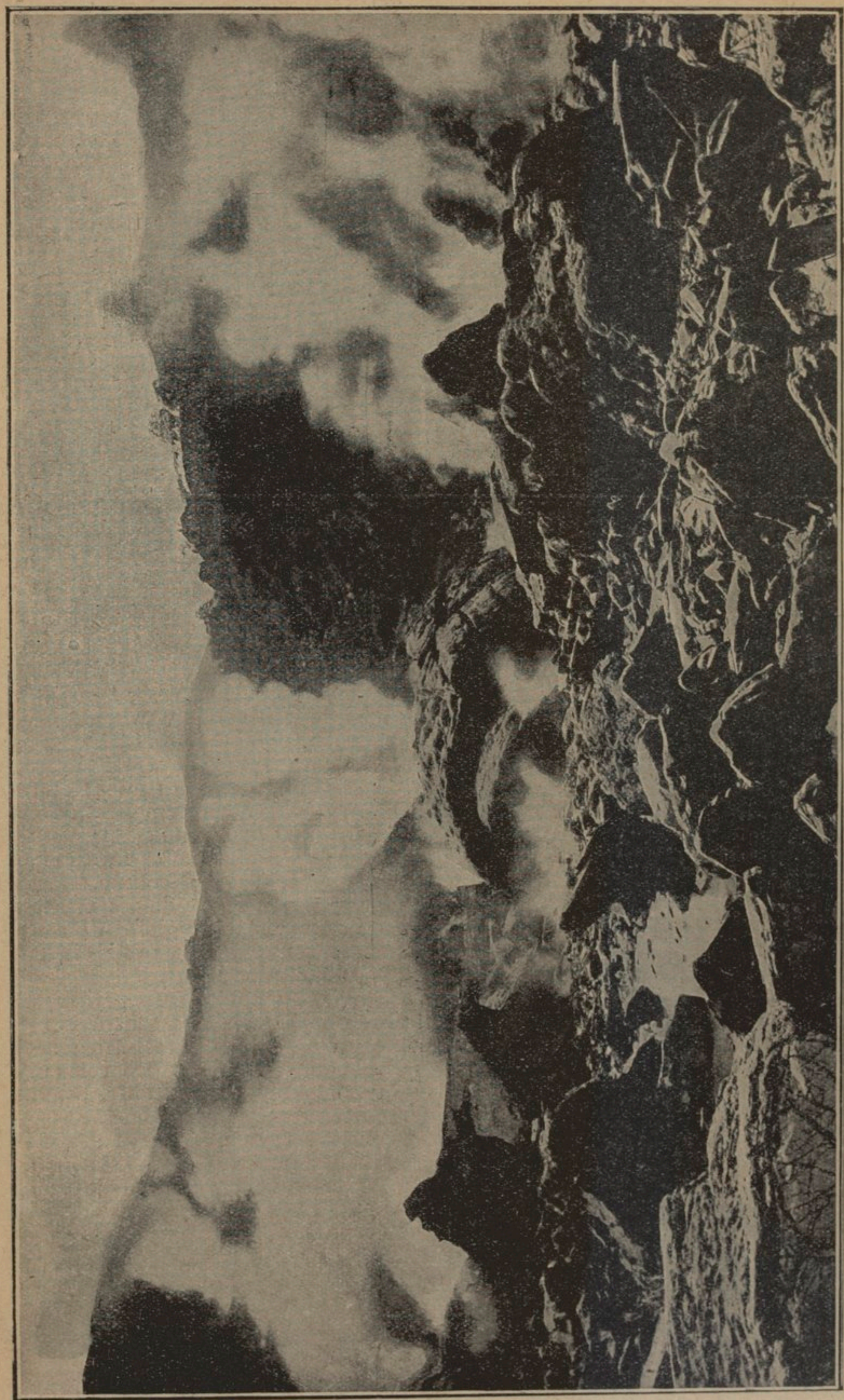
Toutes les catégories de la dynamite sont de hauts explosifs, et tous les hauts explosifs peuvent être appelés dynamites.

Le coton-poudre sans fumée n'est, en réalité, qu'une forme modifiée de l'explosif brisant : c'est de la dynamite enchaînée et domestiquée par la ruse du chimiste pour qu'elle brûle sans détoner, afin que la totalité de sa formidable énergie soit utilisée à projeter l'engin de mort hors de la bouche du canon.

C'est aujourd'hui le formidable obus chargé de haut explosif qui trace la route aux armées tandis que les mines et les torpilles, pareillement remplies de la destructive matière, rendent les mers plus dangereuses que toutes les foudres réunies du puissant Neptune. Mais, l'homme, propre victime de ses néfastes desseins, n'a pas à tirer gloire de constamment trouver à ses plus utiles inventions une adaptation meurtrière.

Les explosifs ont d'autres titres à notre reconnaissance. Ils sont à l'ingénieur ce qu'est la hache au bûcheron et la pioche au terrassier. Avec cet outil magique, il aplanit les collines, comble les vallées, perce les montagnes de tunnels, creuse des canaux, excave des carrières et des mines. Les progrès industriels s'accompagnent tous maintenant du ronronnement de la perceuse de rocs et de l'écho des détonations de la dynamite. C'est pourquoi la dynamite mérite d'être placée auprès de la vapeur et de l'électricité comme participant avec ces deux grands architectes à l'édification du monde moderne.

HUDSON MAXIM.



VAPEURS S'ÉCHAPPANT PAR DES FISSURES TERRESTRES DANS LA RÉGION SUD DE LA VILLE DE VOLTERRA (TOSCANE)

Ces vapeurs, d'origine volcanique, sont captées par des procédés spéciaux et elles servent à mettre en mouvement des turbines.

LES VAPEURS VOLCANIQUES AU SERVICE DE L'INDUSTRIE MODERNE

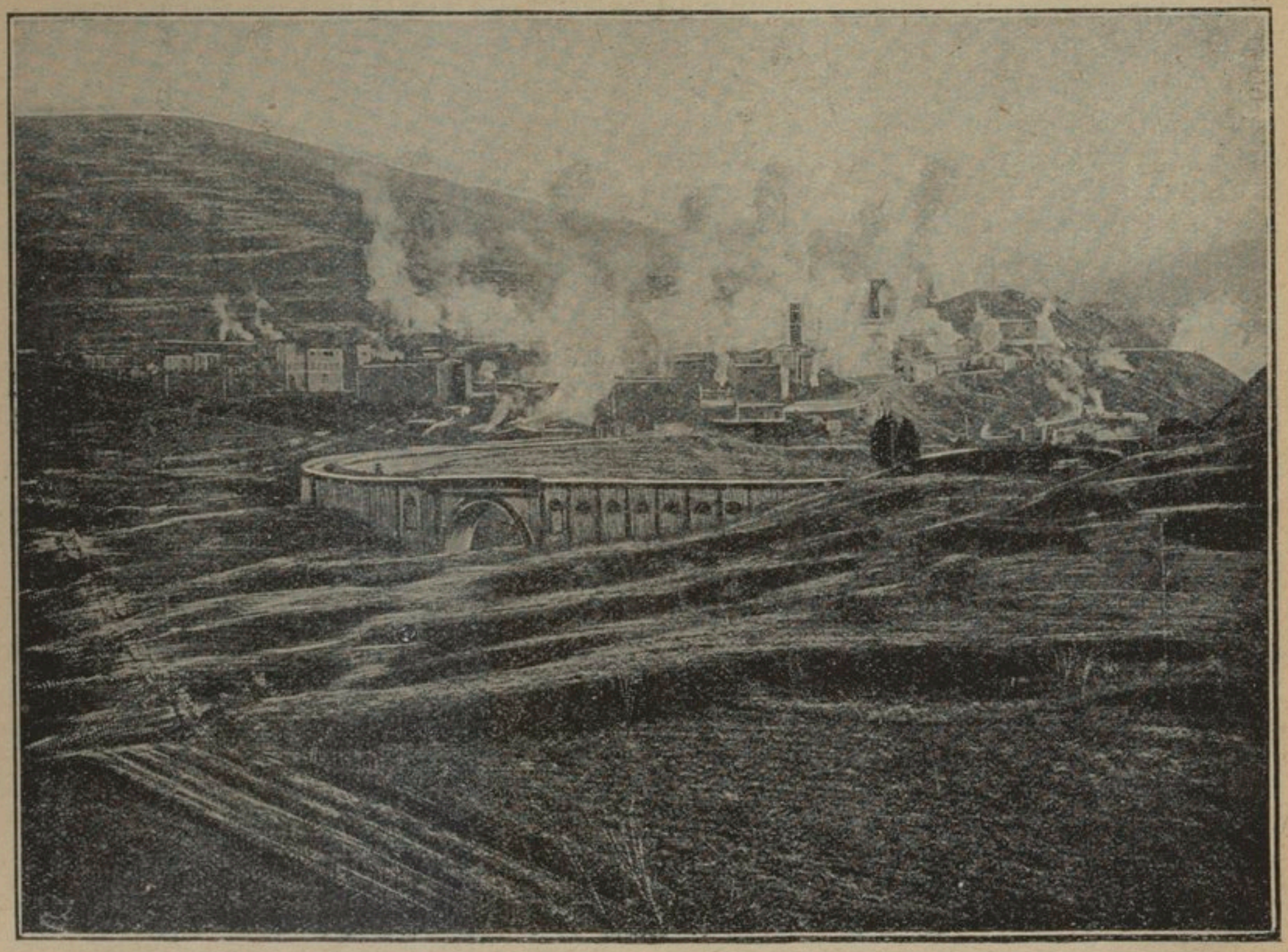
Par UGO FUNAIOLI

INGÉNIEUR

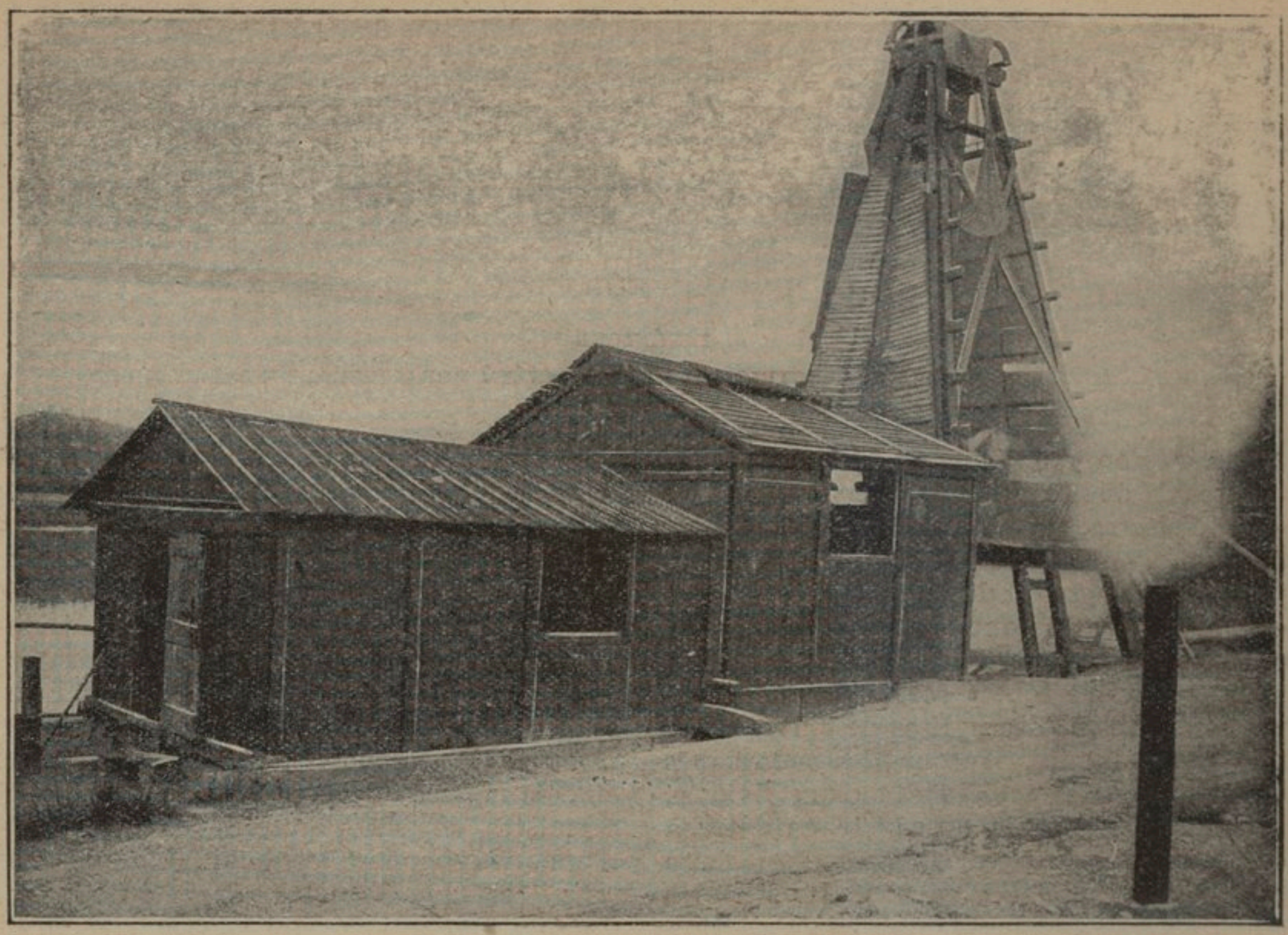
DIRECTEUR DES SERVICES ÉLECTRIQUES DE LA SOCIÉTÉ BORACIFERA, DE LARDERELLO

La région montagneuse qui s'élève au sud de l'ancienne ville toscane de Volterra, fameuse par ses monuments étrusques, offre un intérêt tout spécial pour le géologue et le minéralogiste. Dans ces maremmes toscanes, autrefois tristement célèbres par leurs fièvres paludéennes (malaria), on trouve toutes sortes de mineraux, particulièrement des pyrites de cuivre et de fer et du lignite. Autour des montagnes qui séparent les vallées des deux rivières, la Cecina et la Cornia, on assiste, en outre, à des manifestations volcaniques d'un genre tout à fait spécial ; ce sont les célèbres « soffioni » boraciques, dont la description est donnée avec plus ou moins de détails dans la plupart des traités de géologie.

Ce sont des sources de vapeurs d'eau qui s'échappent à travers le sol, des colonnes blanches qui s'élèvent à des hauteurs parfois considérables, et, lorsque les conditions météorologiques favorisent la condensation de ces vapeurs, on aperçoit de très loin une sorte de nuage ou de brouillard épais qui recouvre la campagne. Des sources d'eau chaude naissent également au voisinage des premières, de petits cratères naturels pleins d'une eau boueuse et bouillante ajoutent au pittoresque de cette région ; mais leur distribution, qui dépend sans aucun doute



VUE GÉNÉRALE DU VILLAGE DE LARDERELLO ENVELOPPÉ DE VAPEURS ISSUES DU SOL



INSTALLATION DESTINÉE A PROVOQUER ARTIFICIELLEMENT L'ÉMISSION DES VAPEURS

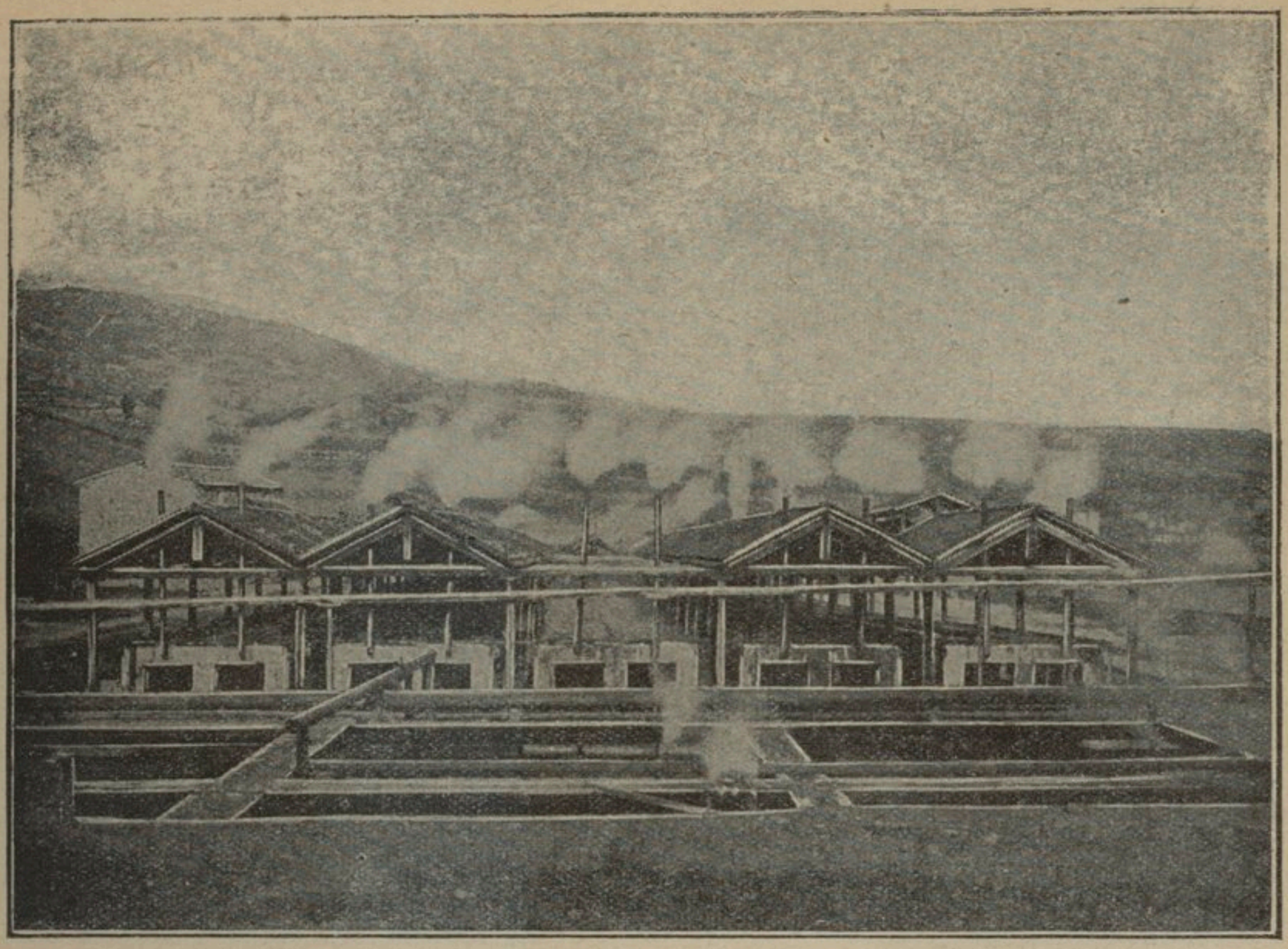
de la nature du terrain, ne se répartit pas uniformément dans tout le pays : elle s'effectue par groupements couvrant des surfaces parfaitement délimitées de un demi-kilomètre à deux ou trois kilomètres carrés.

Aucune végétation ne s'élève autour de ces foyers éternellement en ébullition ; en plusieurs endroits il est même dangereux d'approcher ces cratères, car le pied peut glisser et entraîner l'imprudent dans une chute mortelle. Les oxydes de fer, le soufre, qui font partie intégrante de ce sol, suffiraient d'ailleurs à détruire tout germe vivant qui y serait déposé. Une forte odeur d'acide sulfhydrique domine dans l'atmosphère, comme pour interdire aux humains eux-mêmes l'accès de ces régions chaotiques, et les industries qu'ils y ont créées ne suffisent pas à atténuer la désolation, accentuée encore par les bruits assourdissants de la vapeur sortant des forages. Le visiteur, étourdi, peut se croire transporté dans un coin de l'enfer dantesque, ou tout au moins assister à l'élaboration active d'un de ces phénomènes sismiques qui ont précédé l'apparition de la vie sur la terre.

La présence de l'acide borique fut constatée dès 1777 par le chimiste Hœfer, pharmacien de la cour de Toscane, dans les eaux des cratères naturels, connus sous le nom de *lagoni*. Peu de temps après on étudia efficacement le procédé d'extraction.

L'exploitation industrielle proprement dite remonte à l'année 1818 ; elle fut entreprise par Francesco de Larderel, d'origine française, et sa famille en a continué le développement jusqu'en 1912, lors de la formation de la société actuelle d'exploitation qui a réuni les usines de la maison de Larderel à celles des deux autres maisons, Fossi et Durval. Actuellement, la Société des Borax de Larderello possède huit usines, dont la principale est celle du village de Larderello, qui a pris le nom italianisé de son fondateur.

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer l'origine des « soffioni ». On les considère généralement comme appartenant à la famille des sources thermales, des sources chaudes, comme les geysers aux manifestations extérieures si curieuses. Les « soffioni » seraient en quelque sorte alimentés par une énorme chaudière souterraine dont le couvercle, déchiré par des fissures plus ou moins larges, laisserait échapper en permanence la vapeur sous pression de la cuve constamment en ébullition



BASSINS ET PLANS D'ÉVAPORATION POUR LA CONCENTRATION DES EAUX BORIQUÉES

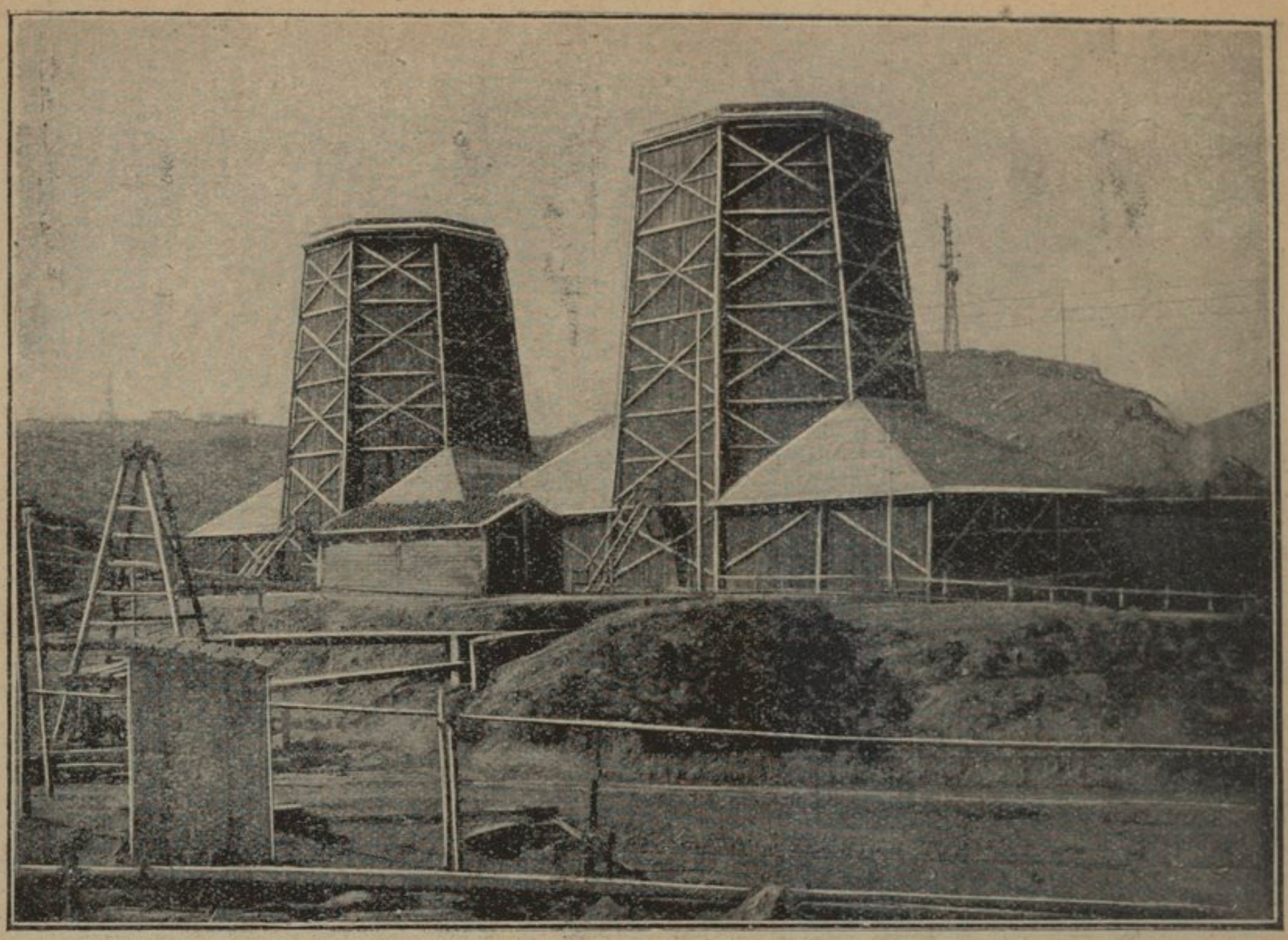
Dès le début de l'exploitation industrielle de l'acide borique des « soffioni », on reconnut la nécessité de provoquer artificiellement l'émission des vapeurs et des eaux souterraines et on commença à procéder à des travaux de forage qui ont donné naissance à toute une technique spéciale. Il s'agit, en effet, de travailler au milieu des émissions extrêmement abondantes de vapeurs que l'on rencontre avec l'eau chaude, dès que l'on atteint une profondeur de 20 à 30 mètres.

On continue la perforation jusqu'à des profondeurs variables, suivant les endroits, et comprises entre 50 et 150 mètres. Lorsque l'on observe, d'après des signes particuliers connus des chefs de sondage, que l'on a atteint la source de vapeur, on provoque par une opération dite, en langage spécial, « sfolminezione », la sortie de la colonne d'eau qui est restée dans le forage et qui équilibre, par son poids, la pression, souvent considérable, de la vapeur interne.

Cette opération, qui n'est d'ailleurs qu'une aspiration produite à l'aide d'une sorte de piston introduit dans le forage et retiré très rapidement, donne lieu à une véritable éruption volcanique, extrêmement violente d'eau de boues de pierres capable de détruire la partie supérieure du pont de manœuvre élevé au-dessus du forage. Cette explosion de matières continue pendant plusieurs minutes et parfois davantage; le puits commence alors à émettre avec une très grande force de la vapeur d'eau.

Ces puits de vapeur artificiels ont des diamètres qui varient de 25 à 40 centimètres. Comme nos puits artésiens, ils sont revêtus de tubes en tôle de fer que l'on descend au fur et à mesure de l'avance du forage. Puis la vapeur est conduite, toujours par des tuyautages en tôle, aux lieux d'exploitation. La pression n'est pas la même dans tous les forages ; elle varie de 2 à 5 atmosphères à forage fermé, c'est-à-dire sans émission de vapeur ; le débit demeure alors absolument sans variation.

Les « soffioni » émettent, avec la vapeur d'eau, des gaz incondensables dont la teneur totale ne dépasse pas 5 % en poids, à Larderello. Ces gaz sont très variés ; on y trouve une forte proportion d'acide carbonique, de l'acide sulfhydrique en quantité moindre, puis du gaz ammoniac, de l'hydrogène, de l'helium et d'autres gaz rares. La vapeur d'eau est saturée, mais son frottement contre les parois tubulaires des puits lui commu-



APPAREILS POUR LE REFROIDISSEMENT PROGRESSIF DE L'EAU DE CIRCULATION

nique un certain degré de surchauffage.

Il nous paraît intéressant, avant d'étudier la transformation des vapeurs des « soffioni » en énergie électrique, de dire quelques mots de l'exploitation chimique de ces mêmes vapeurs. C'est d'ailleurs un centenaire à célébrer prochainement, puisque la création de la première usine d'extraction de l'acide borique remonte à l'année 1818.

La présence de l'acide borique dans les vapeurs des « soffioni » n'a pas encore été expliquée d'une manière satisfaisante et l'on ne sait pas au juste sous quelle forme le *borum* se retrouve dans ces vapeurs. Il suffit donc de constater que les eaux de condensation des « soffioni » contiennent de l'acide borique, ainsi que les eaux souterraines provenant du voisinage des puits de vapeur.

Ces eaux ne pourraient être utilisées pratiquement à cause de leur très faible teneur en acide borique, car elles ne contiennent que 1,5 à 2 $^{0}/_{00}$ de cet acide. Il y a donc lieu de les enrichir suffisamment avant de les introduire dans les appareils servant à leur concentration définitive. A cet effet on les met en présence des vapeurs, de manière à procéder au lavage complet de ces dernières qui abandonnent ainsi une notable quantité d'acide borique. La teneur des eaux est ainsi portée à 3 ou 4 $^{0}/_{0}$. Elles sont ensuite conduites sur des plans d'évaporation en tôle de plomb qui constituent une succession de bassins de grande surface et de faible profondeur disposés en cascade, de façon à obtenir une circulation permanente de l'eau. Ces bassins sont chauffés par la vapeur souterraine qui circule dans un couloir ménagé sous chacun d'eux. Les plans d'évaporation portent le nom de *chaudières adriennes*, du nom de leur inventeur, le comte Adrien de Larderel. La concentration de l'eau boriquée sur ces plans atteint jusqu'à 16 % et l'acide peut cristalliser à froid. On obtient ainsi de l'acide borique brut dont le degré de pureté atteint jusqu'à 99 %.

Les huit usines de la Société Boracifera produisent de l'acide brut d'après ces procédés. A l'établissement de Larderello, on dispose d'une installation pour le raffinage de l'acide et pour sa préparation sous la forme de petits cristaux, de poudre et de paillettes.

Le *borax* ou tétraborate de soude est également fabriqué à Larderello, sous la forme de cristaux et de poudre, par la réaction de l'acide borique avec du carbonate de soude.

L'ammoniaque, que l'on retrouve dans

les eaux-mères de la cristallisation de l'acide borique sous la forme de sulfate d'ammonium, est mis en présence de l'acide carbonique par un procédé spécial et donne un autre produit, le *carbonate d'ammonium*, très recherché, surtout en ce moment, par les fabriques de biscuits et de pâtisserie.

L'*acide carbonique* nécessaire à cette fabrication est, lui aussi, extrait des gaz des « soffioni ». Les quantités assez considérables qu'on peut obtenir de cette source en permettront la production industrielle à très bas prix et à un degré de pureté tout à fait exceptionnel, inconnu jusqu'à présent.

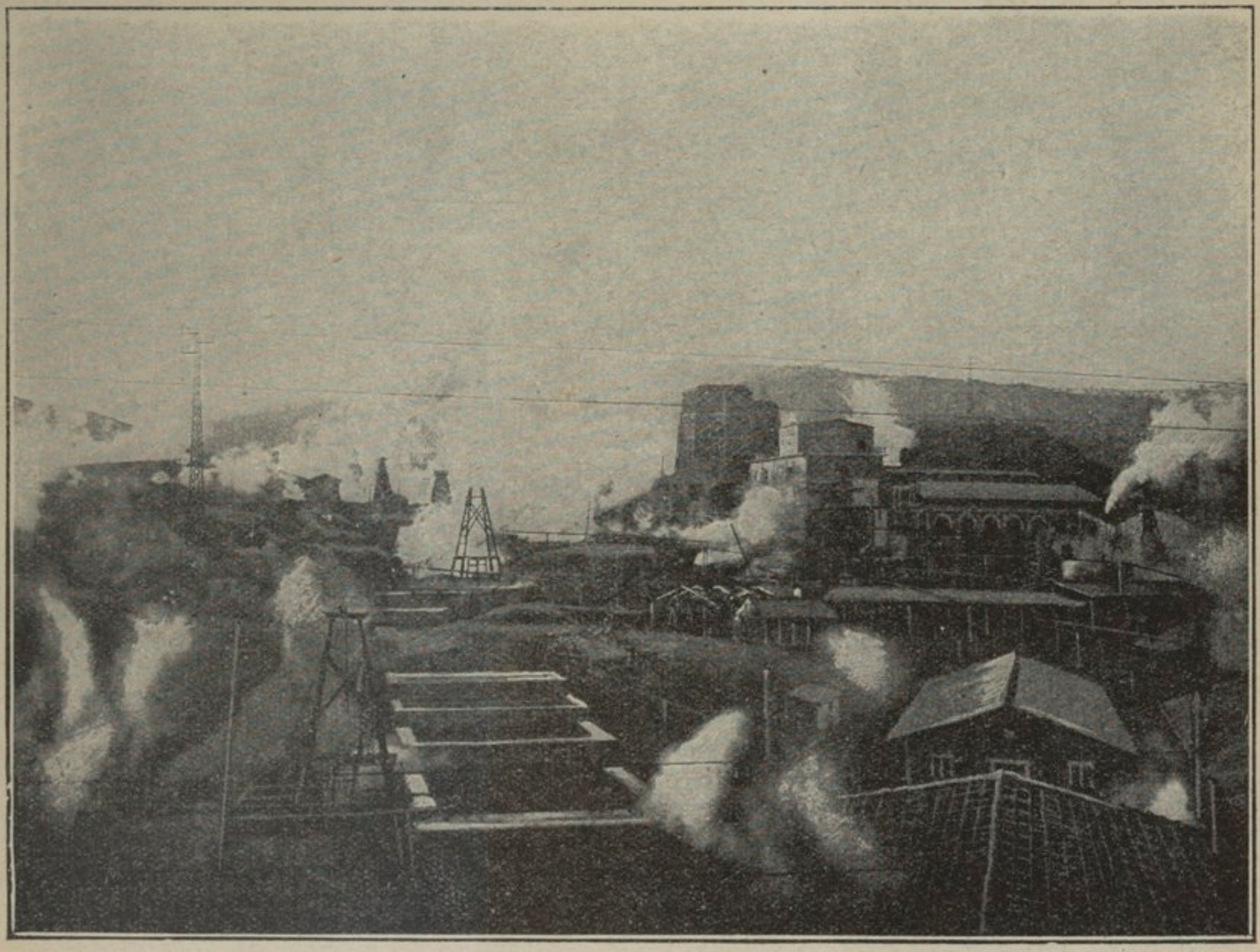
Actuellement, la société procède à la mise en place d'appareils permettant la production de l'*oxygène* par la voie électrolytique ; une petite installation fonctionne déjà normalement. Ce gaz est très employé à Larderello et dans les usines de la Société pour la soudure des tubes de fer et des tôles de plomb.

On voit que l'exploitation chimique des « soffioni » est constamment en progrès ; tous les éléments constitutifs de leurs vapeurs passent d'ailleurs dans un laboratoire de recherches scientifiques placé sous la direction d'un docteur chimiste qui en surveille les analyses et contrôle toutes les fabrications. Le professeur Nasini, de l'Université de Pise, est chargé de la direction des recherches scientifiques ; les plus suivies et les plus intéressantes sont actuellement celles relatives à la radioactivité des gaz des « soffioni » et à la séparation du gaz hélium. La production annuelle des produits chimiques atteint 3 millions de kilogrammes environ.

L'idée d'utiliser la vapeur des « soffioni » pour en transformer l'énergie thermique en énergie électrique — la chaleur en électricité — se présenta tout naturellement à l'esprit des témoins de ce curieux phénomène naturel peut-être unique au monde.

Mais il était nécessaire, au préalable, de résoudre plusieurs problèmes relatifs les uns à l'action des vapeurs (qui contiennent de l'acide sulfhydrique) sur les métaux, les autres aux mesures de débit et de pression des vapeurs qu'on désirait employer.

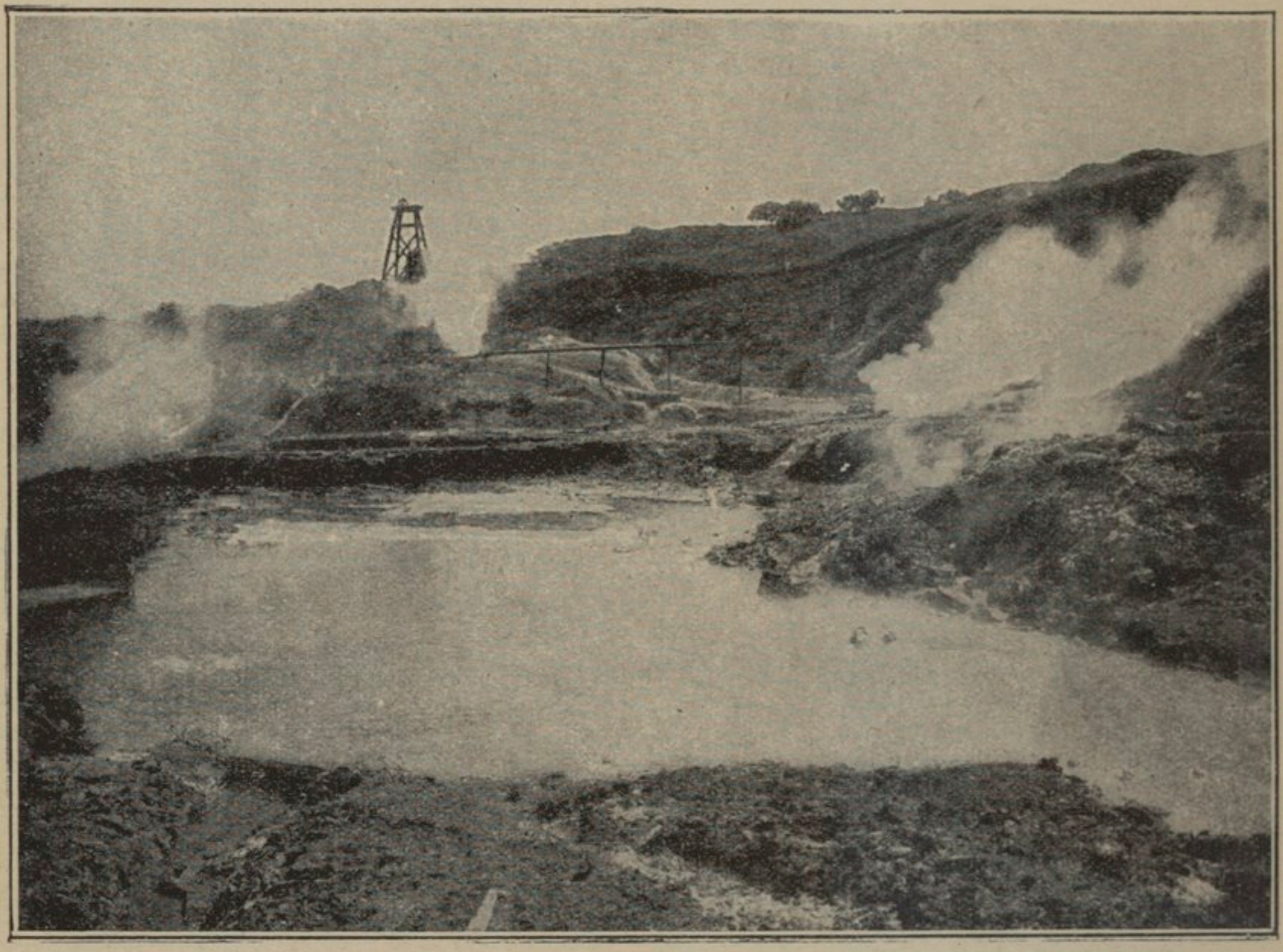
Une première expérience fut exécutée en 1897, en envoyant de la vapeur naturelle dans une chaudière ordinaire pour provoquer la formation de vapeur d'eau pure destinée à une petite locomobile. Cet essai donna d'excellents résultats, bien qu'il ait été conduit d'une manière tout à fait empirique, mais il ne fut pas poursuivi.



VUE GÉNÉRALE DES EXPLOITATIONS DE LA SOCIÉTÉ BORACIFERA, A LARDERELLO

C'est au prince Ginori Conti, p ésident de la Société Boracifera, qu'est due l'initiative de nouvelles expériences commencées en 1904 et qui viennent de se terminer par la création d'une belle usine électrique.

Ces expériences eurent pour objet l'utilisation *directe* de la vapeur souterraine dans une machine à vapeur à cylindre. Le premier essai ayant été très satisfaisant fut suivi d'un second sur une machine de



UN « LAGONE » PETIT BASSIN OU LES EAUX DE CONDENSATION DES « SOFFIONI » SONT MAINTENUES EN ÉBULLITION PAR LES VAPEURS NATURELLES

40 chevaux ; pendant dix ans, cette machine supporta sans la moindre fatigue les vapeurs qui lui étaient envoyées journellement.

Encouragé par ce résultat, le prince Ginori Conti décida de procéder à une appli ation plus majestueuse de l'utilisation de ces vapeurs souterraines en leur confiant la mission d'actionner un turbo-générateur de 250 kilowatts, capable de réaliser une distribution d'énergie électrique dans la région assez vaste qui entoure les usines.

Les études de cette installation furent faites avec beaucoup de patience par M. l'ingénieur Plinio Bringhenti, directeur technique des Etablissements de Larderello.

On dut renoncer à envoyer la vapeur naturelle dans la turbine, car on manquait de données sur l'action des gaz des « soffioni » sur les aubes de ces appareils. De plus, des difficultés se présentèrent également pour résoudre le problème de la condensation en raison de la présence des gaz incondensables qu'il était nécessaire d'extraire du condenseur.

La vapeur naturelle fut donc simplement utilisée comme moyen de chauffage dans une batterie de quatre appareils évaporateurs construits par une maison française. Ces appareils sont constitués par un faisceau de tubes enfermés dans une calendre. La vapeur souterraine, introduite dans la calendre chauffe la surface extérieure des tubes et provoque la transformation en vapeur de l'eau contenue à l'intérieur de ces mêmes tubes. La pression de la vapeur naturelle est de 3 atmosphères environ et celle à l'intérieur des tubes atteint 2 atmosphères.

La turbine à vapeur, construite pour une pression de 1,75 atmosphère, fait 3.000 tours par minute ; elle est couplée à un alternateur triphasé de 250 kw, à 50 périodes et 4.000 volts. Le courant, élevé pour la distribution à la tension de 16.000 volts, parcourt

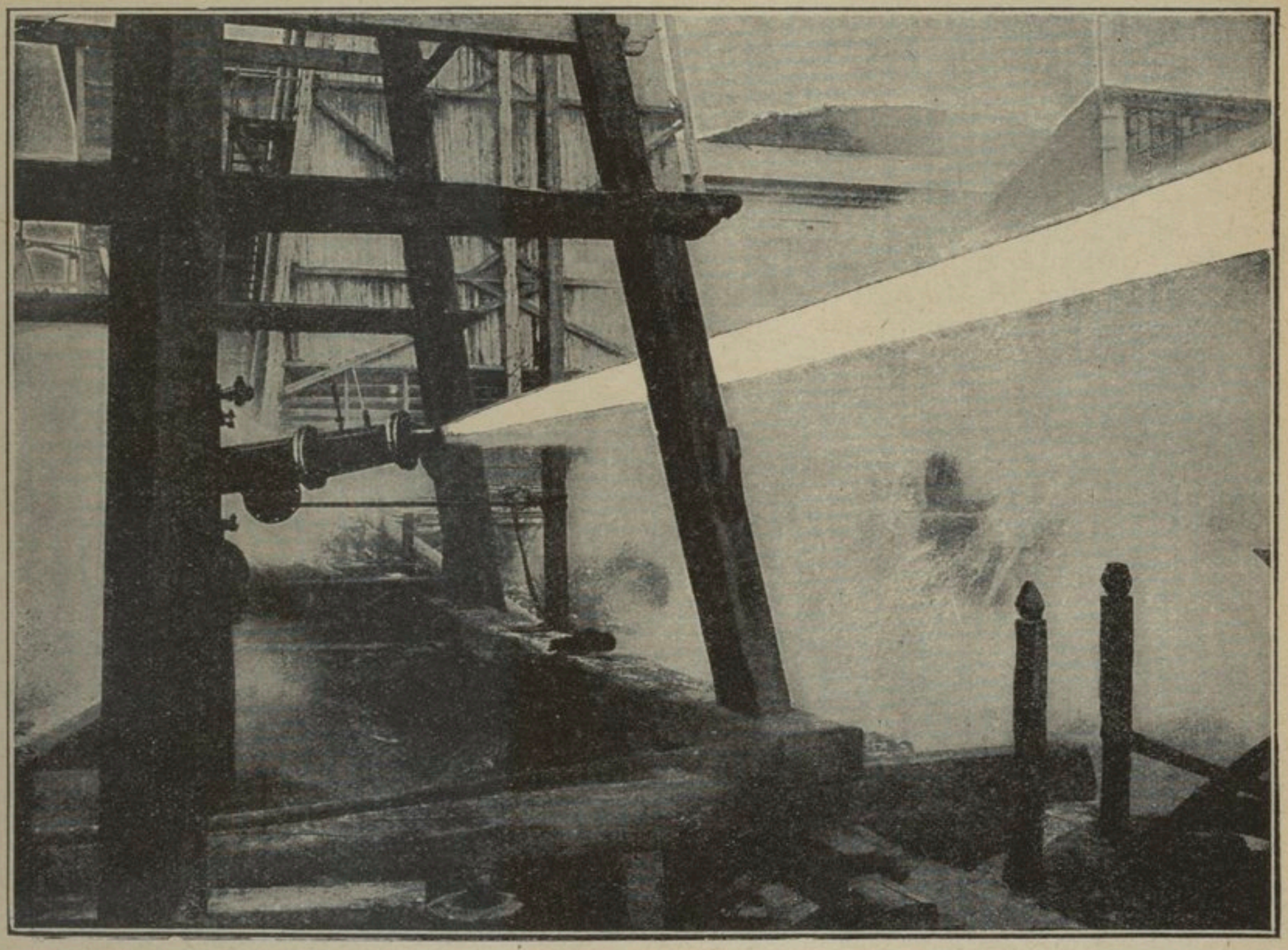
un réseau de lignes en aluminium d'une étendue de 40 kilomètres environ, fournissant régulièrement de l'énergie électrique à la ville et aux salines de Volterra, à Pomarance et aux deux usines d'acide borique de Castelnuovo et de Sasso. A l'intérieur de l'usine de Larderello, la tension du courant est abaissée de 4.000 à 220 volts.

Cette installation fut mise en marche en 1913 ; elle constituait la première application industrielle du principe, et son succès décida son promoteur, le prince Ginori Conti, à envisager la construction de la grande installation actuelle, dont les études furent commencées en 1913. Elle fut décidée l'année suivante par M. Bringhenti et la mise en service eut lieu au début du mois de mars 1916, à la satisfaction de tous.

La guerre européenne a, naturellement, causé quelques retards, et des difficultés nombreuses furent à surmonter pour obtenir la livraison de machines dont l'ensemble porte à 7.500 kilowatts la puissance de la nouvelle usine, soit à près de 10.000 chevaux.

Une maison française fut encore chargée de l'étude des appareils évaporatoires destinés à produire la vapeur pure actionnant les turbines ; ils sont construits d'ailleurs sur le même principe que ceux de la première usine et ne sauraient être mieux comparés qu'à une chaudière multitubulaire dans laquelle la flamme entourerait les tubes.

La centrale comprend seize corps évaporatoires, prochainement augmentés de six autres, capables de fournir chacun environ 6.000 kilogrammes de vapeur pure par heure



UN « SOFFIONE » OUVERT POUR LA MESURE DE SON DÉBIT. — D'APRÈS LA PHOTOGRAPHIE, ON PEUT JUGER DE LA PUISSANCE DE CE JET DE VAPEUR

à la pression effective de 0,5 atmosphère. La vapeur naturelle arrive à la pression de 1 atmosphère et se condense dans la calendre qui entoure les tubes ; on obtient donc ainsi de l'eau chaude qui sert à l'alimentation de la chaudière. Comme, d'autre part, il est impossible, actuellement, du moins, d'éliminer l'acide sulfhydrique mélangé à la vapeur d'eau des « soffioni », il a été reconnu nécessaire de faire les tubes en aluminium, afin d'éviter les dépôts de sulfures sur leur surface, dépôts qui nuiraient à la transmission de la chaleur. Enfin, la vapeur pure produite dans les évaporateurs est envoyée dans les turbines après avoir été surchauffée aux dépens encore de la vapeur souterraine.

Trois groupes turbo-générateurs ont été installés ; chacun d'eux a une puissance effective de 2.500 kilowatts. Les turbines sont du type à réaction et marchent à la pression effective de 0, 25 atmosphère à raison de 3.000 tours par minute. Ces turbines, qui comptent parmi les plus grandes machines construites pour les basses pressions, ont été l'objet d'une é ude spéciale en vue des conditions tout à fait exceptionnelles de leur fonctionn ment. Chacune d'elles, marchant à pleine charge, consomme environ 30.000 kilogrammes de vapeur à l'heure.

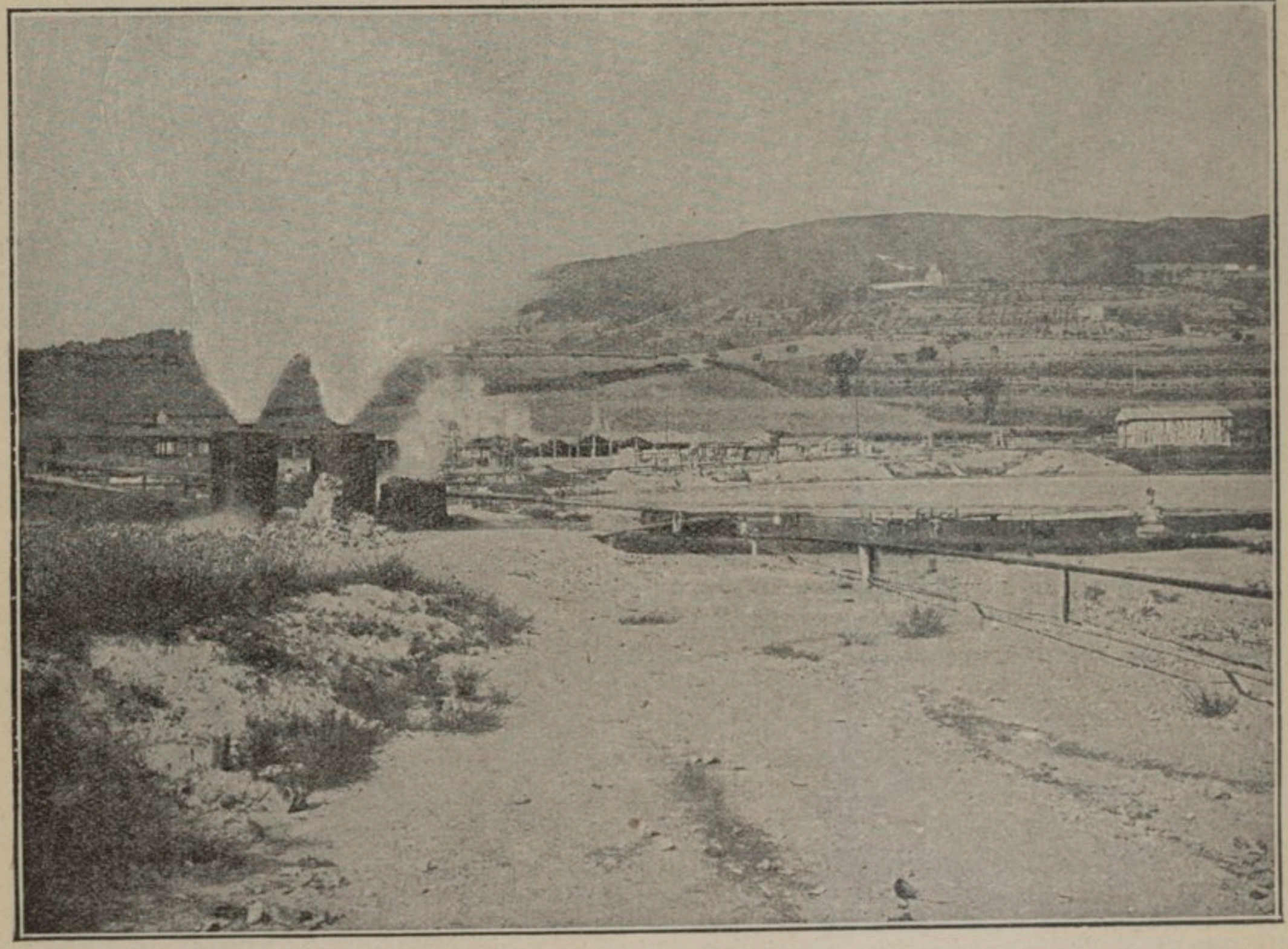
Les condenseurs des turbines sont du type à surface ; des pompes de 350 chevaux, pour chaque machine, font circuler l'eau à refroidir à l'intérieur des tubes des condenseurs et la refoulent ensuite dans des appareils de refroidissement à gradins. Chaque pompe entraîne environ 1.200 mètres cubes d'eau à l'heure. Deux appareils de refroidissement de l'eau sont actuellement en service ; ils occupent une surface de 1.200 mètres carrés et leur cheminées d'aspiration mesurent plus de 25 mètres de hauteur.

Les turbines sont couplées à des alternateurs triphasés de 3.000 kw. qui produisent du courant à 4.000 volts et à 50 périodes. Ce courant est ensuite élevé à la tension de 36.000 volts en vue de son utilisation sur les différentes lignes qui aboutissent à Larderello et qui relient cette centrale électrique aux réseaux de distribution et aux usines des deux grandes sociétés électriques de la Toscane, la « Sociéta Elettrica e Mineraria del Valderno », dont la ligne aboutit à Larderello du côté de Sienne, et la « Societa Ligure Toscana di Elettricità », qui possède une ligne directe depuis son usine de Livourne jusqu'à Larderello. Une autre ligne est en construction de Larderello à Piombino pour les établissements sidérurgiques de la Société « Ilva ». Elle sera bientôt achevée.

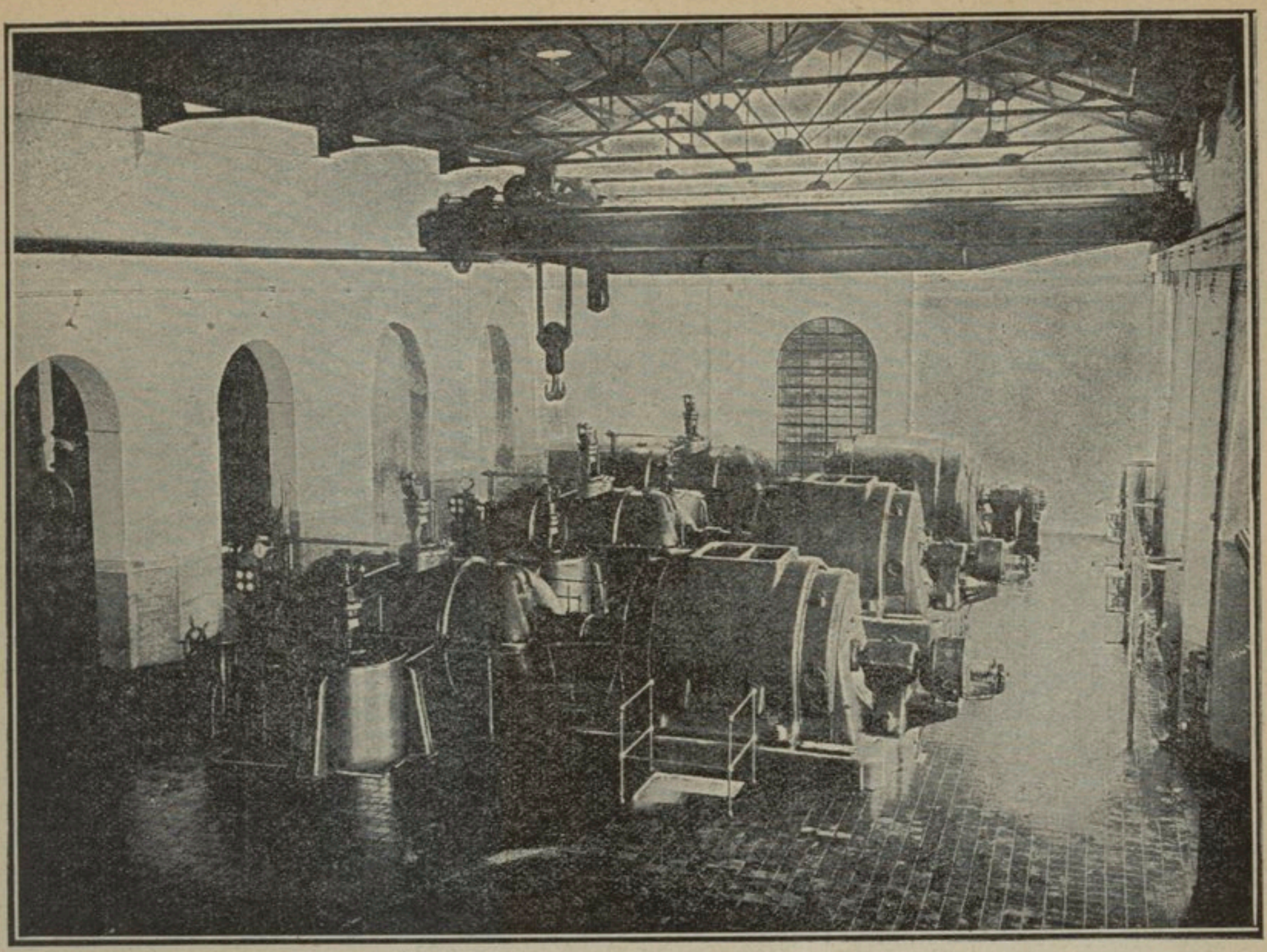
Trois autres lignes à 16.000 volts partent de Larderello pour aboutir à Massa Marittima, à Volterra et aux Etablissements boraciques du Lago di Vecchienna.

La cabine de transformation du courant comporte quatre transformateurs triphasés de 2.850 K.V.A. chacun, à côté desquels deux autres de 4.000 K.V.A. seront très prochainement installés. La tension peut être élevée très facilemen à 40.000 volts.

Des trois groupes turbo-générateurs installés actuellement à Larderello, deux seulement sont en marche normale, le troisième



CE « SOFFIONE », VÉRITABLE VOLCAN, DONNE 24.000 KILOS DE VAPEUR PAR HEURE



LA SALLE DES TURBINES A LA NOUVELLE USINE ÉLECTRIQUE DE LARDERELLO

constitue le groupe de s cours. Mais les demandes croissantes d'énergie électrique obligeront bientôt l'usine à mettre les trois groupes en service normal ; un quatrième sera alors installé pour parer à tous les besoins. De même un troisième appareil de refroidissement est en voie de construction.

Les heureux résultats de cette curieuse application de la vapeur naturelle à la production d'énergie électrique ne seront pas limités à l'installation déjà imposante que nous venons de décrire sommairement,

La « Société Boracifera » possède, en effet, d'autres sources de vapeurs très importantes ; dans l'un de ses établissements, celui du « Lago », la richesse de ces sources est remarquable : un seul « soffione » débite environ 24.000 kilogrammes de vapeur par heure ! Ces derniers « soffioni » sont d'autant plus intéressants que leurs vapeurs sont moins chargées de gaz non condensables. Cette observation a décidé le prince Ginori Conti à revenir à sa première idée, c'est-à-dire à expérimenter de nouveau l'utilisation directe de la vapeur naturelle dans les turbines. On éliminerait, de la sorte, les évaporateurs dont nous avons parlé, et il en résulterait un avantage énorme qui augmenterait d'une quantité très appréciable le rendement des nouvelles installations.

En dehors de l'intérêt scientifique qui s'attache à cette nouvelle et très curieuse utilisation des vapeurs naturelles, on doit considérer également l'importance économique de ces usines pour l'Italie, très pauvre en combustible, puisque la houille manque totalement et que les gisements de lignite, même livrés à une extraction intensive, ne seraient jamais capables de satisfaire qu'à une très faible partie des demandes.

Le nord de l'Italie et certaines régions de l'Italie centrale ont su profiter heureusement des forces hydrauliques, qui y sont relativement abondantes. En Toscane, ces forces sont malheureusement limitées à certaines parties des Apennins, et le débit des sources diminue considérablement pendant l'été. L'installation de Larderello et la future usine du Lago sont donc appelées à combler une lacune dans l'économie générale des régions qu'elles peuvent alimenter en énergie électrique ; la Toscane, à ce point de vue, sera remarquablement favorisée.

UGO FUNAIOLI.

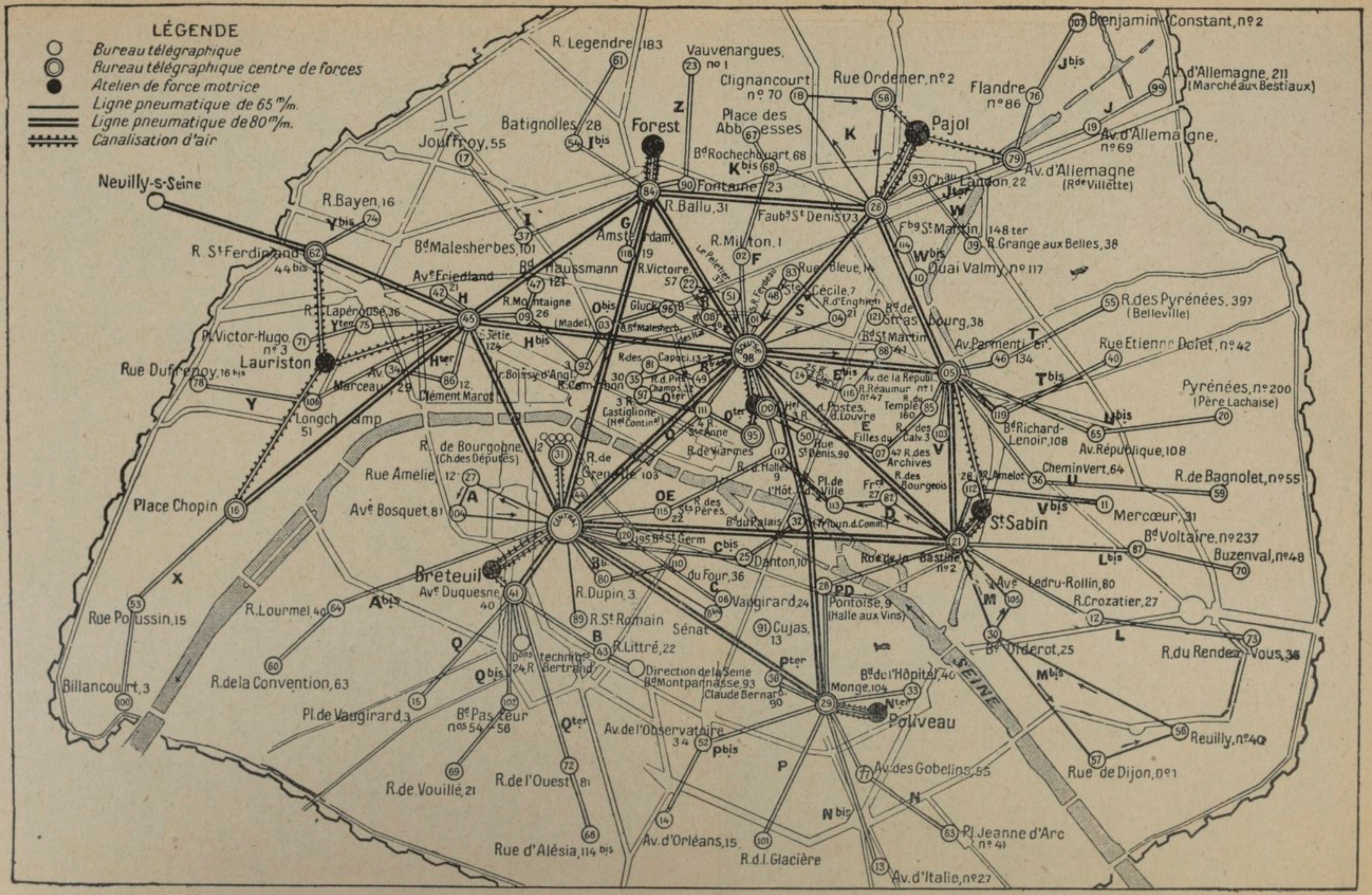


FIG. 1. — CARTE GÉNÉRALE DU RÉSEAU PNEUMATIQUE DE PARIS, COMPORTANT UNE LONGUEUR DE 500 KILOMÈTRES DE TUBES

LA TÉLÉGRAPHIE PNEUMATIQUE

Par Lucien FOURNIER

La suppression partielle, à Paris, du service de transmission des dépêches connues sous le nom aimable de « petits bleus », suppression toute temporaire, appelle l'attention sur l'organisation et le fonctionnement de la télégraphie pneumatique dans les principales capitales de l'univers.

La télégraphie électrique, qui transporte en moins de deux minutes une dépêche de dix mots de Paris à Alger ou à Rome, du Havre à New-York, est servie, à l'intérieur des grandes villes, par des moyens infiniment moins puissants, mais tout aussi intéressants au point de vue des progrès réalisés. C'est seulement dans certains cas tout à fait exceptionnels que le télégramme peut atteindre le destinataire quelques instants après avoir quitté les mains de l'expéditeur.

Les agences de presse, quelques grands journaux quotidiens de Paris et de la province bénéficient, en effet, du privilège, chèrement payé, de posséder un bureau télégraphique à côté de leurs salles de rédaction. Les échanges de correspondances télégraphiques se font alors par des fils spéciaux sans intervention des administrations publiques qui ont le monopole de ce trafic. Certaines banques, d'importantes maisons de commerce, de grands industriels possèdent également des fils spéciaux qui les relient au poste central télégraphique de la ville qu'ils habitent ; ces conducteurs leur évitent le dépôt des télégrammes aux guichets des bureaux, ainsi que la distribution par les jeunes facteurs, auxquels on a improprement donné le nom de « petits télégraphistes ».

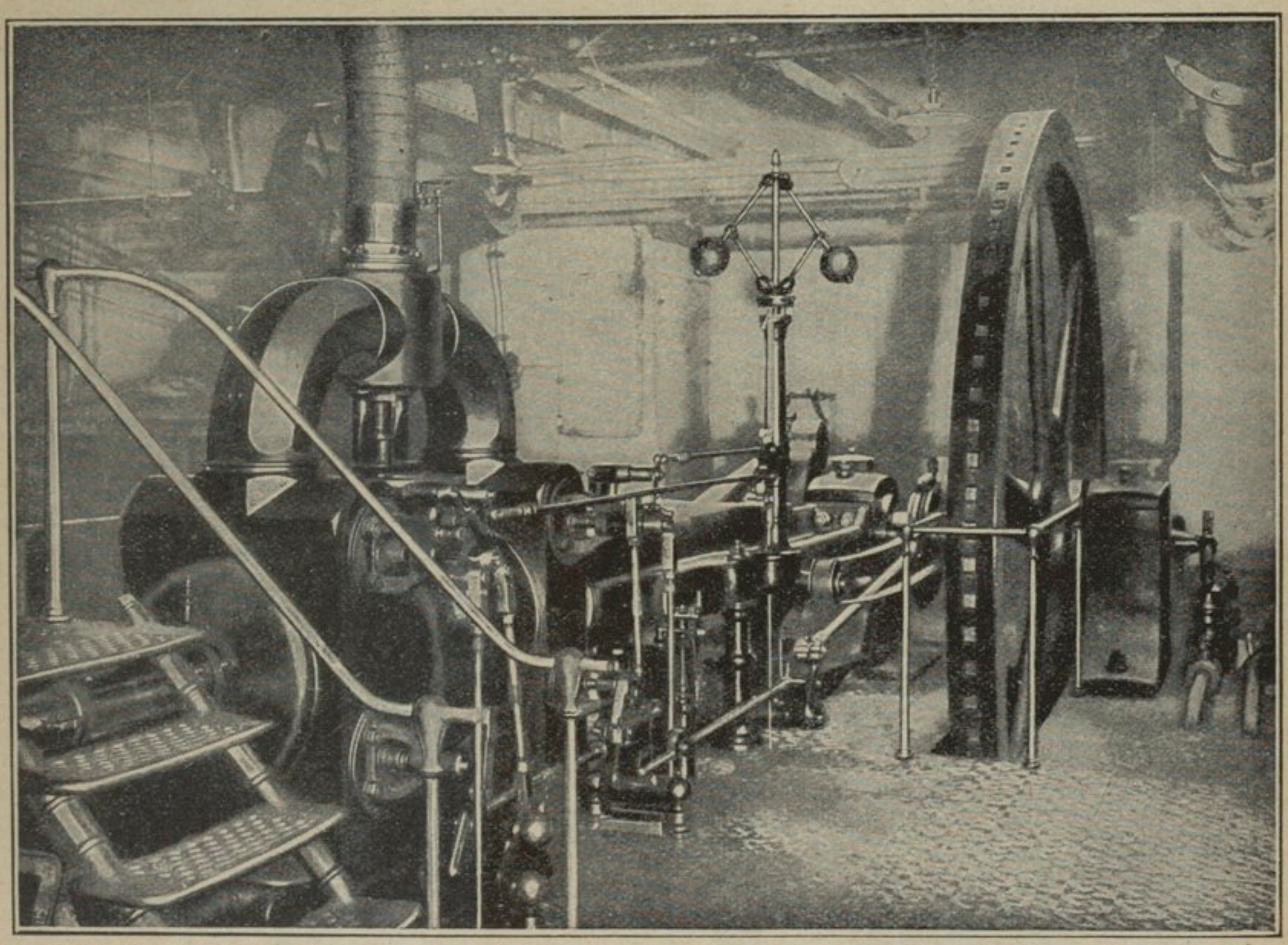


FIG. 2. — GROUPE PRODUCTEUR DE PRESSION ET DE VIDE A L'HOTEL DES POSTES DE PARIS

A gauche, on voit le compresseur ; à droite : le volant de la machine à vapeur.

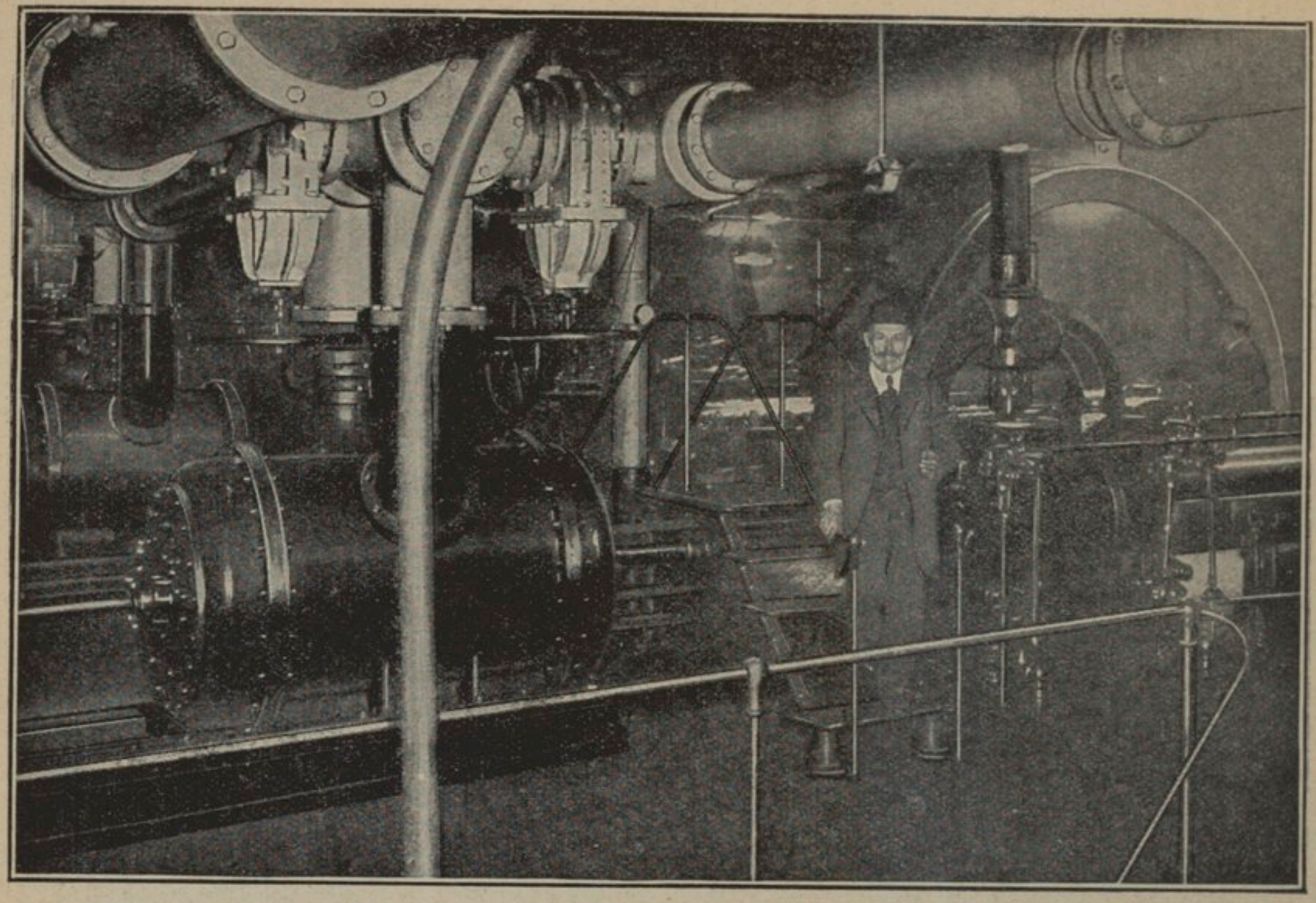


FIG. 3. — VUE GÉNÉRALE DE L'ATELIER DE L'HOTEL DES POSTES, RUE DU LOUVRE

Le grand public est moins favorisé. Après avoir libellé convenablement sa dépêche, l'expéditeur doit la porter au guichet du bureau de poste le plus rapproché. De là, le petit papier est envoyé, par des tubes pneumatiques, au central télégraphique, où elle est enfin transmise. Les opérations inverses s'effectuent pour les télégrammes que nous recevons. Du poste central, ils sont envoyés électriquement ou par les tubes au bureau de quartier qui est chargé d'en effectuer la remise.

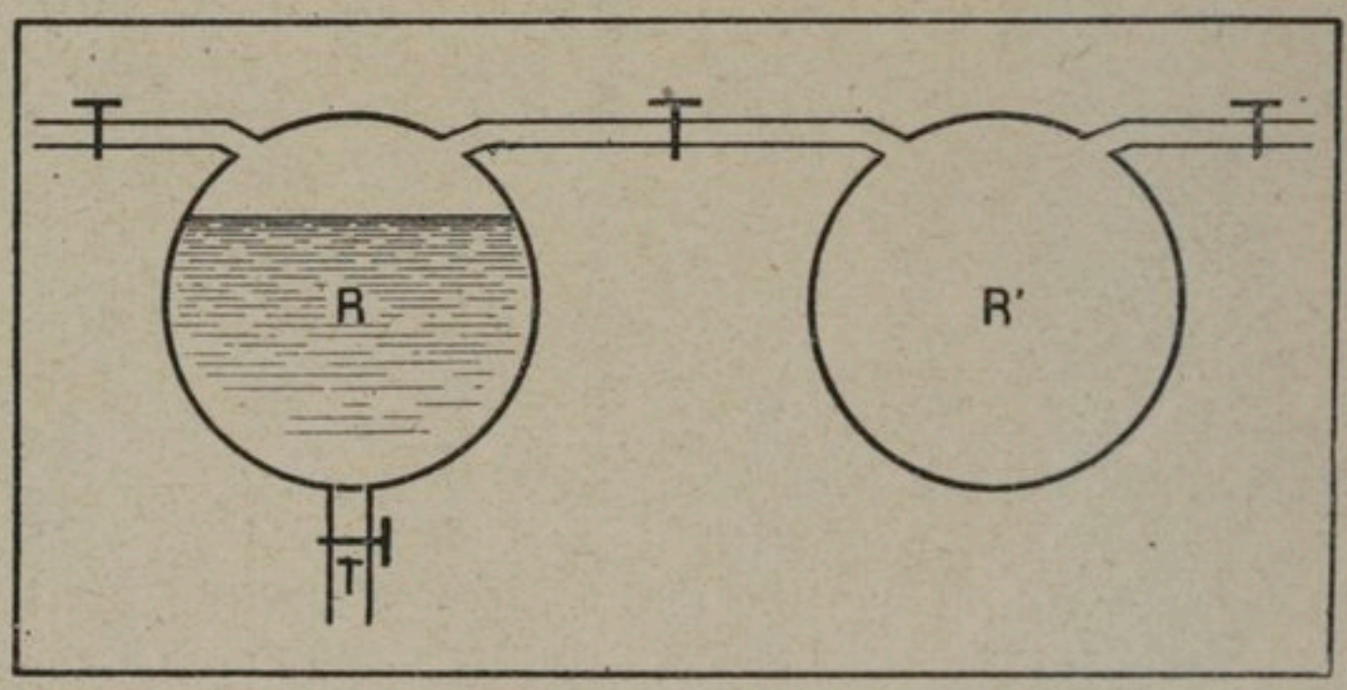


FIG. 4. — PRODUCTION DE L'AIR COMPRIMÉ ET DU VIDE PAR L'EMPLOI DE CUVES A EAU

R *et* R', *réservoirs reliés par la canalisation* T.

Les relations télégraphiques entre les bureaux de quartier et le central télégraphique d'une grande ville sont donc assurées à la fois par un réseau télégraphique urbain et par un réseau pneumatique. Mais le premier ne possède pas une capacité suffisante pour écouler l'énorme trafic intérieur de villes comme Paris ou Londres. Cela se conçoit aisément : un fil ne peut transmettre qu'une dépêche à la fois, en deux minutes, si elle est courte. Lorsque dix, vingt, trente, cent télégrammes et plus se présentent en même temps pour le même bureau distributeur, le centième devra attendre deux ou trois heures son tour d'expédition, les bureaux de quartier, à Paris notamment, ne possédant pas d'appareils à transmission multiple. Les tubes pneumatiques, au contraire, dont la capacité est pour ainsi dire illimitée, transporteront ces cent télégrammes en bloc, en quelques minutes. On voit quel énorme intérêt présente, dans les grandes villes, la constitution d'un réseau pneumatique. En règle générale, une

dépêche ne doit pas séjourner plus de trois quarts d'heure dans les différents services de transport depuis l'instant de son arrivée au poste central jusqu'au moment de sa remise au destinataire. Ce résultat est rarement atteint, il faut bien l'avouer, mais sans les « tubes », il ne serait pour ainsi dire pas possible d'assurer un service convenable de distribution de télégrammes.

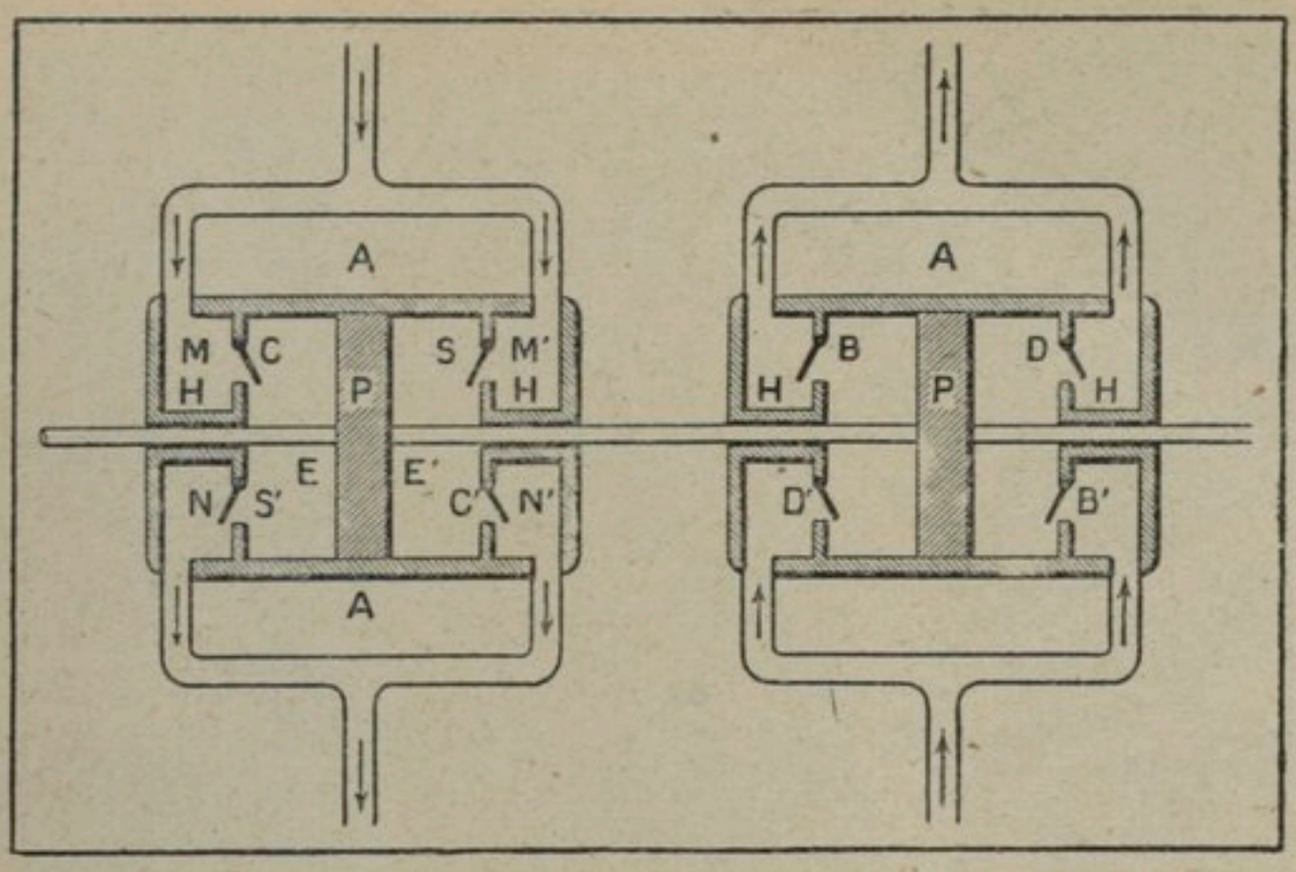


FIG. 5. — DESSINS SCHÉMATIQUES MONTRANT LE FONCTIONNEMENT DES COMPRESSEURS

Pression à gauche, vide à droite. — Voir l'explication dans le texte à la page 221.

Le faible rendement de la télégraphie électrique urbaine décida de bonne heure les administrations télégraphiques anglaise et française à entreprendre les recherches nécessaires en vue de son amélioration. En 1865, déjà suffisamment instruites par l'expérience, elles décidèrent de mettre à l'étude un système de télégraphie pneumatique destiné à venir en aide à la télégraphie électrique. Le nouveau mode de correspondance était d'ailleurs destiné à remplacer les courriers qui, à cette époque, effectuaient normalement le service entre les bureaux de quartiers et le poste central.

L'histoire de la télégraphie pneumatique

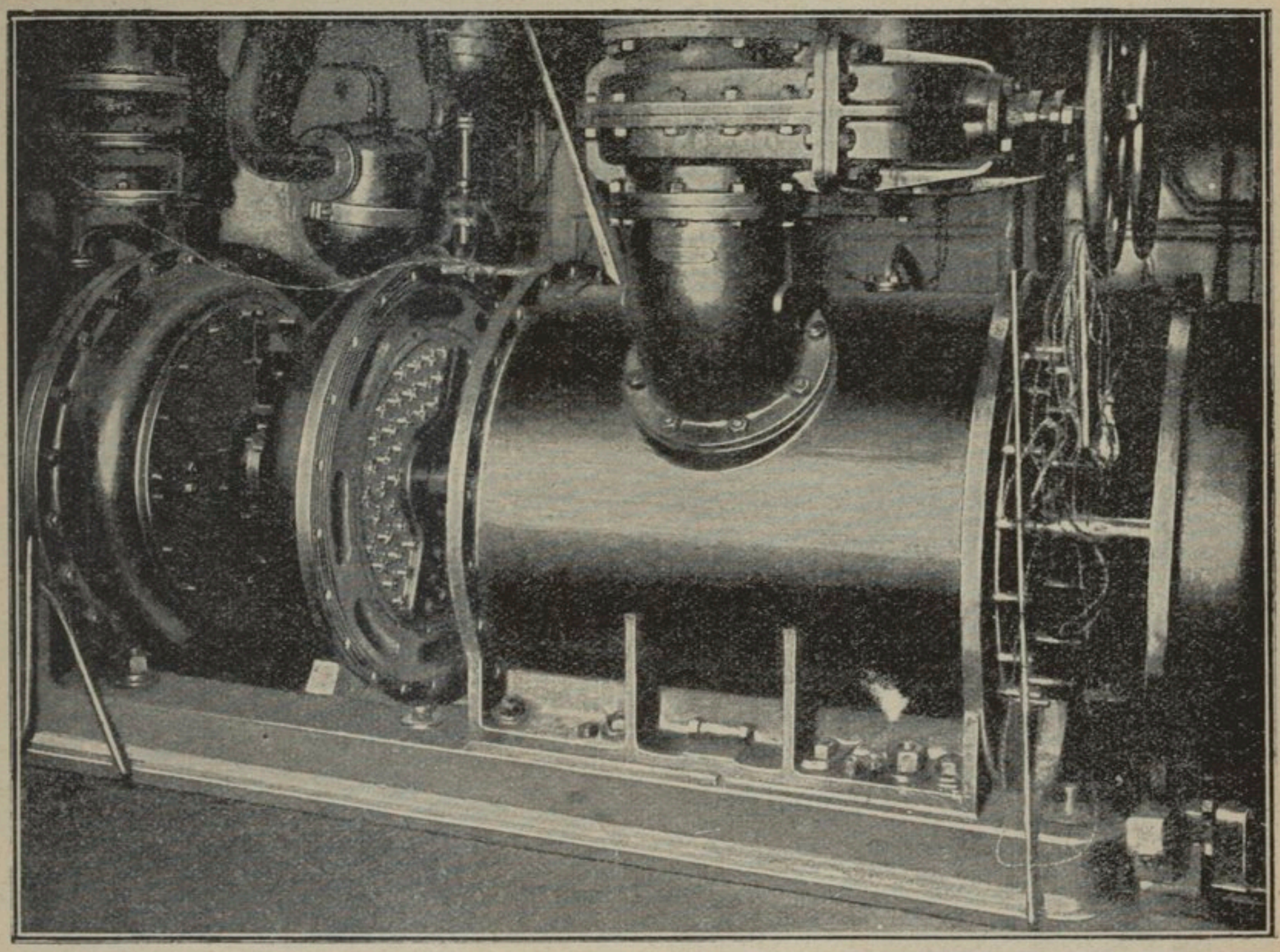


FIG. 6. — VUE D'UN COMPRESSEUR D'AIR PARTIELLEMENT DÉMONTÉ

On remarquera, à gauche, la cloison des clapets, dont une moitié s'ouvre sur l'intérieur de la chambre du piston, et l'autre moitié sur la chambre extrême du compresseur.

embrasse donc un espace de temps presque aussi étendu que la télégraphie électrique.

Beaucoup moins connue que celle de son aînée, elle constitue cependant un chapitre plein d'intérêt parce qu'elle a su, elle aussi, progresser constamment afin de remplir toujours la tâche de plus en plus ardue que lui imposait le développement constant de la télégraphie électrique. Et, contrairement à ce que pourraient croire ceux qui ont pris l'habitude de baser leur jugement sur les boutades dont s'émaille l'esprit anti-administratif français, Paris est la ville du monde entier qui possède le plus important réseau pneumatique : 500 kilomètres de tubes courent, par les égouts, à travers ses quartiers jusqu'à tous ses bureaux de poste sans exception (fig. 1, hors texte). Déjà, la banlieue a vu le premier **tube** lui porter ses télégrammes. Neuilly est, en effet, relié au réseau parisien depuis plusieurs années ; peut-être d'autres localités peu éloignées bénéficieront-elles, plus tard, du même privilège avantageux.

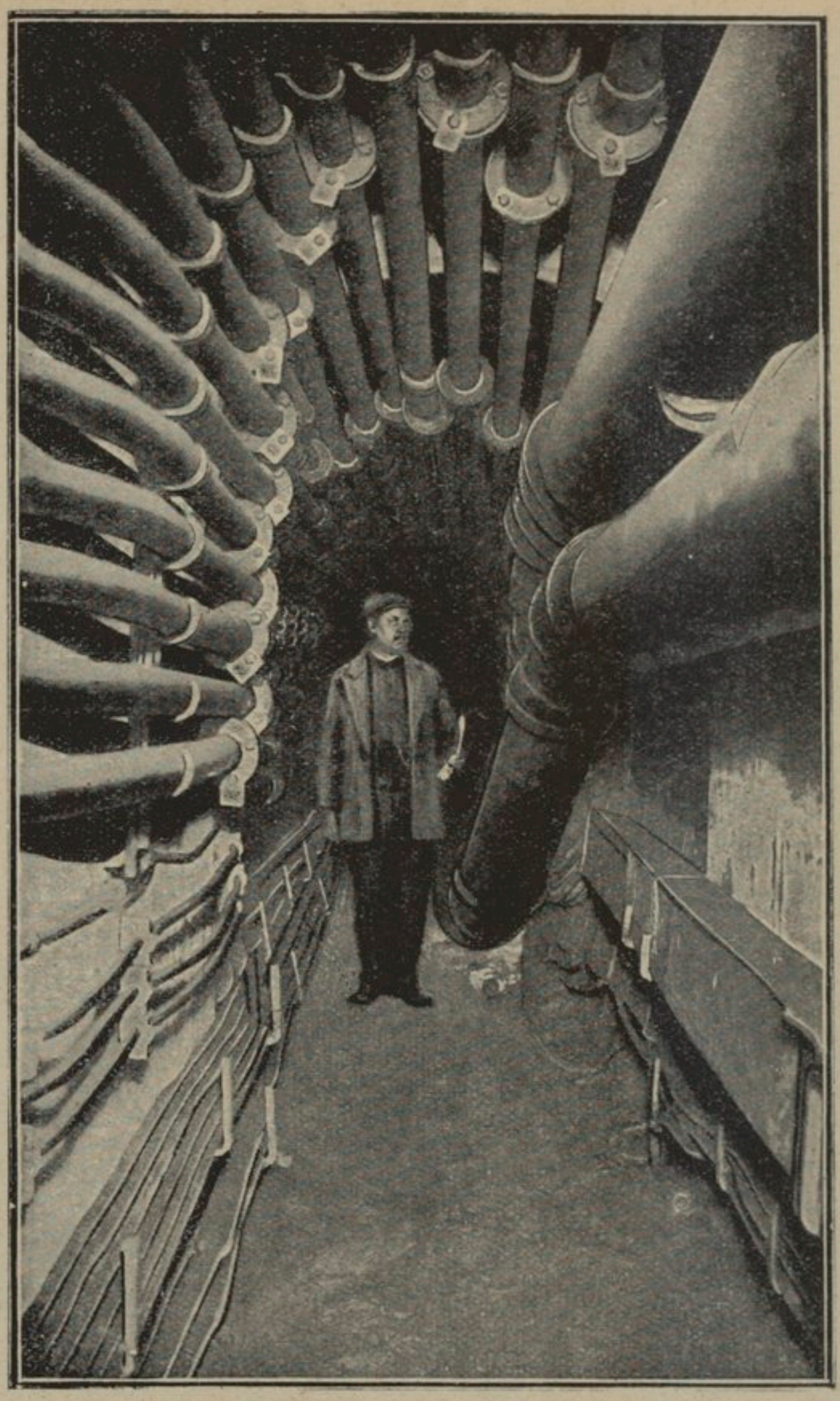


FIG. 7. — ARRIVÉE DES TUBES AU BUREAU CENTRE DE FORCE INSTALLÉ DANS LES LOCAUX DE LA BOURSE

A droite, on voit les deux gros tubes à pression et à vide venant de l'atelier de l'hôtel des Postes.

On s'était proposé, en 1865, de faire avancer, dans des tubes étanches, des pistons creux munis de dépêches. Après avoir tenté de faire le vide dans ces tubes par la condensation de la vapeur d'eau, on songea à utiliser le simple déplacement de l'eau. Des essais, effectués à Paris au mois de juin 1866, décidèrent de l'adoption du dernier procédé. Ces expériences avaient montré, en outre, que des pistons d'une longueur de 14 centim. pouvaient fort bien circuler dans des courbes de trois mètres de rayon.

La première ligne fut installée la même année entre le bureau de la Bourse et celui du Grand-Hôtel, puis un réseau circulaire de 7 kilomètres, jetant les bases du système polygonal, réunissant sept bureaux : Central, Boissy-d'Anglas, Grand-Hôtel, Bourse, Hôtel des Postes, Hôtel du Louvre, Saints-Pères et retour au Central, fut mis en construction et terminé le 1er août 1867. Les lignes étaient constituées par des tubes ayant un diamètre intérieur de 65 millimètres et extérieur de 74 millimètres, essayés sous une pression de 25 atmosphères. Les pistons, en fer creux, étaient — et sont encore — pourvus d'une collerette en cuir que l'air comprimé presse contre les parois du tube de manière à réaliser une fermeture hermétique. En réalité, les choses se passent autrement : la collerette de cuir entaillée hélicoïdalement laisse passer un peu d'air qui oblige le piston à entrer en rotation ; il progresse donc en tournant sur lui-même

comme un obus dans l'âme d'une pièce. Cette remarque, qui ne fut faite que bien plus tard, a permis d'expliquer pourquoi les tubes ne s'ovalisent pas. Le piston poussait des boîtes cylindriques en cuir, longues également de 14 centimètres, contenant les dépêches. Dans chaque bureau était installé un réservoir fournissant l'air comprimé à chaque ligne pneumatique.

Le réseau s'étendit peu à peu ; en 1879, tous les bureaux du centre de Paris étaient reliés au Central ; en 1885, tous les quartiers eurent des tubes établis d'après le système polygonal, appelé ainsi en raison de la figure géométrique constituée par les lignes. Ensuite on résolut de compléter le réseau par un système rayonnant ayant le bureau de la Bourse pour centre. Puis les deux modes d'exploitation se sont fondus, et actuellement, les lignes appartenant au premier système bénéficient des avantages du second. La carte du réseau pneumatique de Paris, que nous reproduisons, en montre à la fois l'importance et la distribution. Ajoutons enfin que les tubes servent également à l'acheminement des correspondances pneumatiques dont la population parisienne faisait un si fréquent usage avant qu'elles aient été partiellement supprimées, l'an dernier, sous prétexte d'économie de charbon.

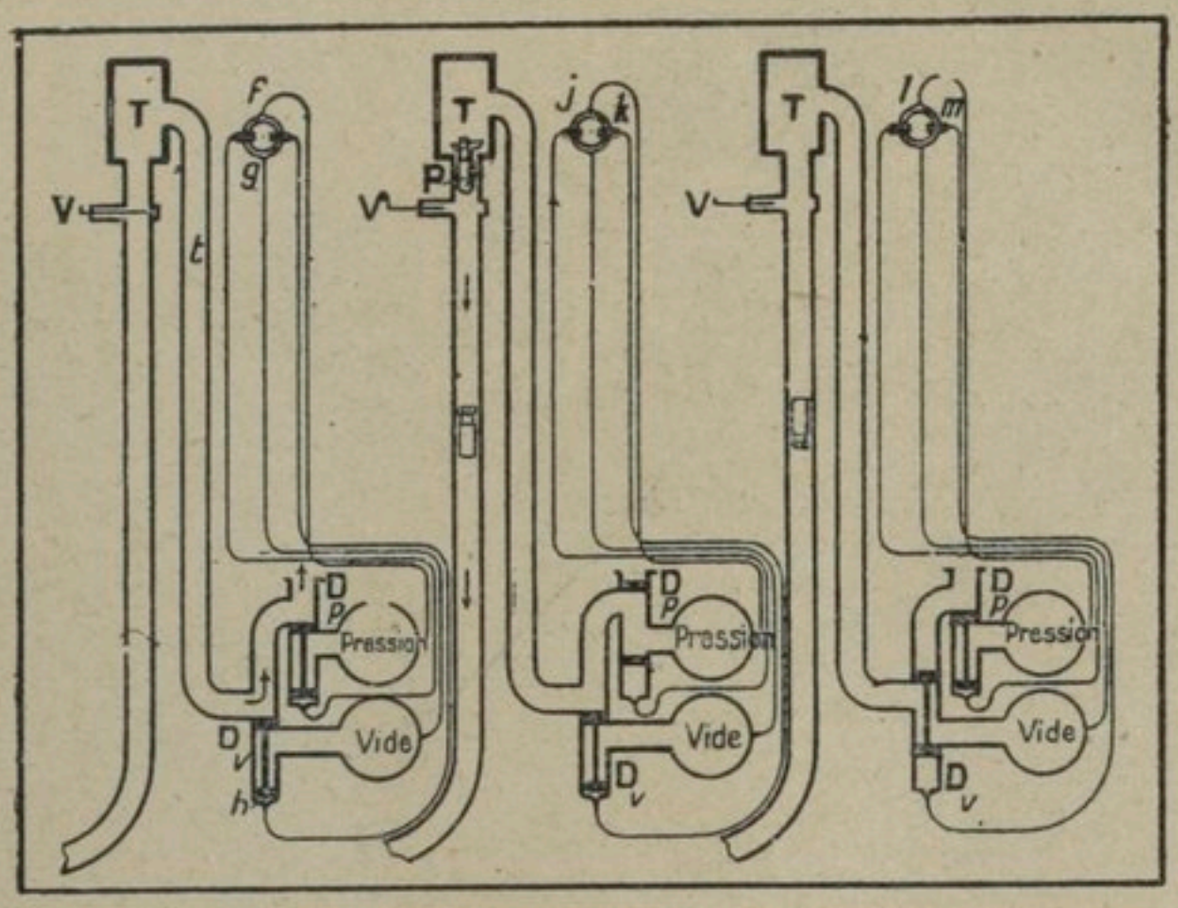


FIG. 8. — FONCTIONNEMENT DES TUBES PNEUMATIQUES DU BUREAU CENTRE DE FORCE DE LA BOURSE

(Voir l'explication dans le texte à la page 223.)

Nous allons étudier plus particulièrement ce réseau, qui comprend des usines productrices de force motrice, des bureaux centres de force, des appareils transmetteurs et récepteurs et les tubes proprement dits.

Usine motrice.— A l'origine du service, l'air comprimé était obtenu par l'emploi de cuves à eau. Deux réservoirs *R* et *R'* (fig. 4) sont reliés par une canalisation supérieure. Si on fait pénétrer de l'eau dans le premier par le tube *T*, l'air qu'il contient est chassé dans le second, et lorsque *R* est plein d'eau, *R'* renferme de l'air à la pression de deux atmosphères. Cet air peut être envoyé dans les canalisations.

Le procédé, lent et peu économique, fournit également le vide relatif nécessaire à l'aspiration des pistons dans les tubes. Supposons *R'* rempli d'air à la pression atmosphérique et *R* plein d'eau. Il suffira de permettre l'écoulement de l'eau par le tube *T* pour que la pression à l'intérieur des deux réservoirs considérés ne soit plus que de une demi-atmosphère.

L'encombrement imposé dans tous les

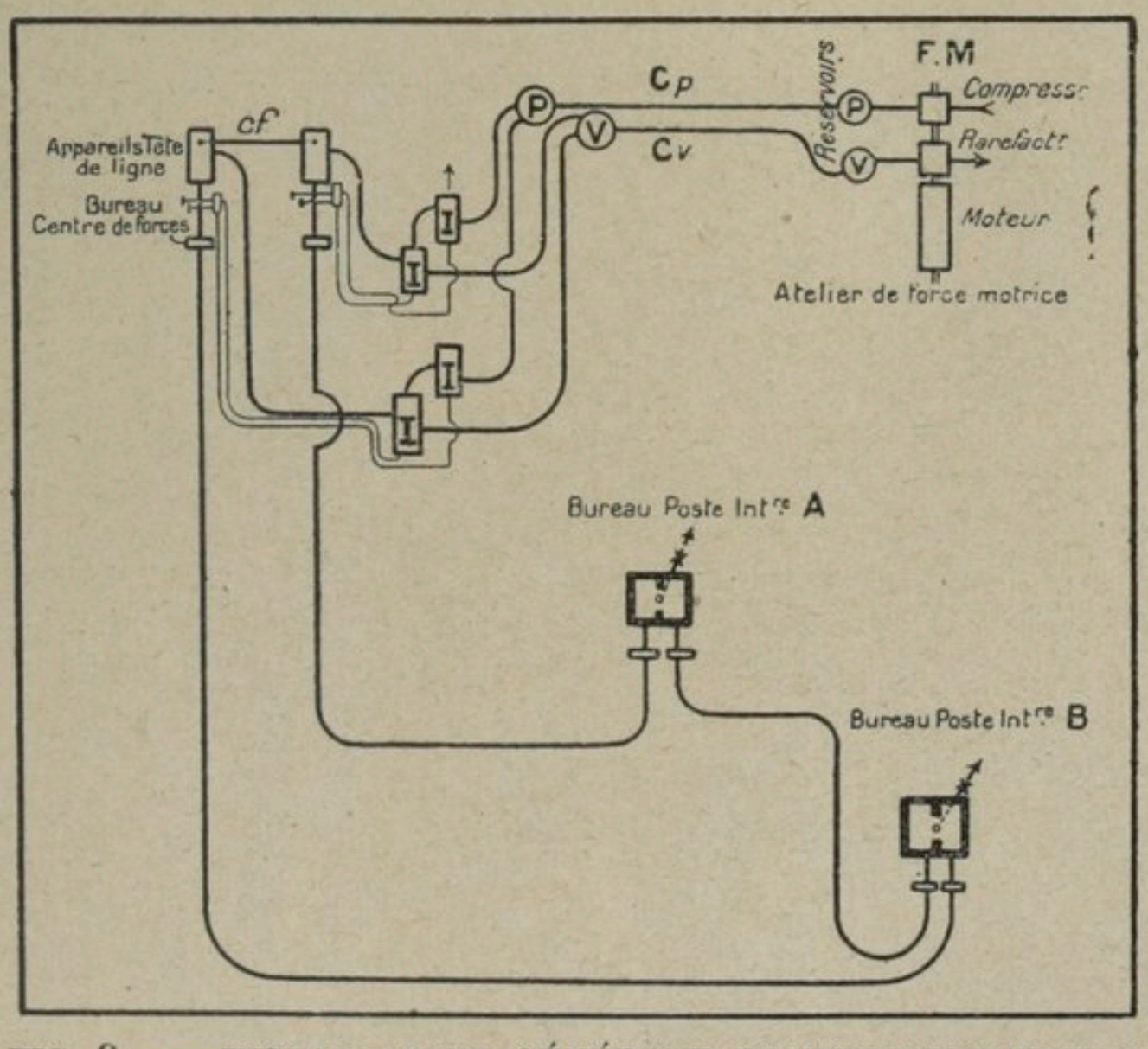


FIG. 9. — INSTALLATION GÉNÉRALE ET FONCTIONNEMENT DU BUREAU CENTRE DE FORCE DE LA BOURSE DE PARIS, AVEC DEUX POSTES INTERMÉDIAIRES

(Voir l'explication dans le texte à la page 225.)

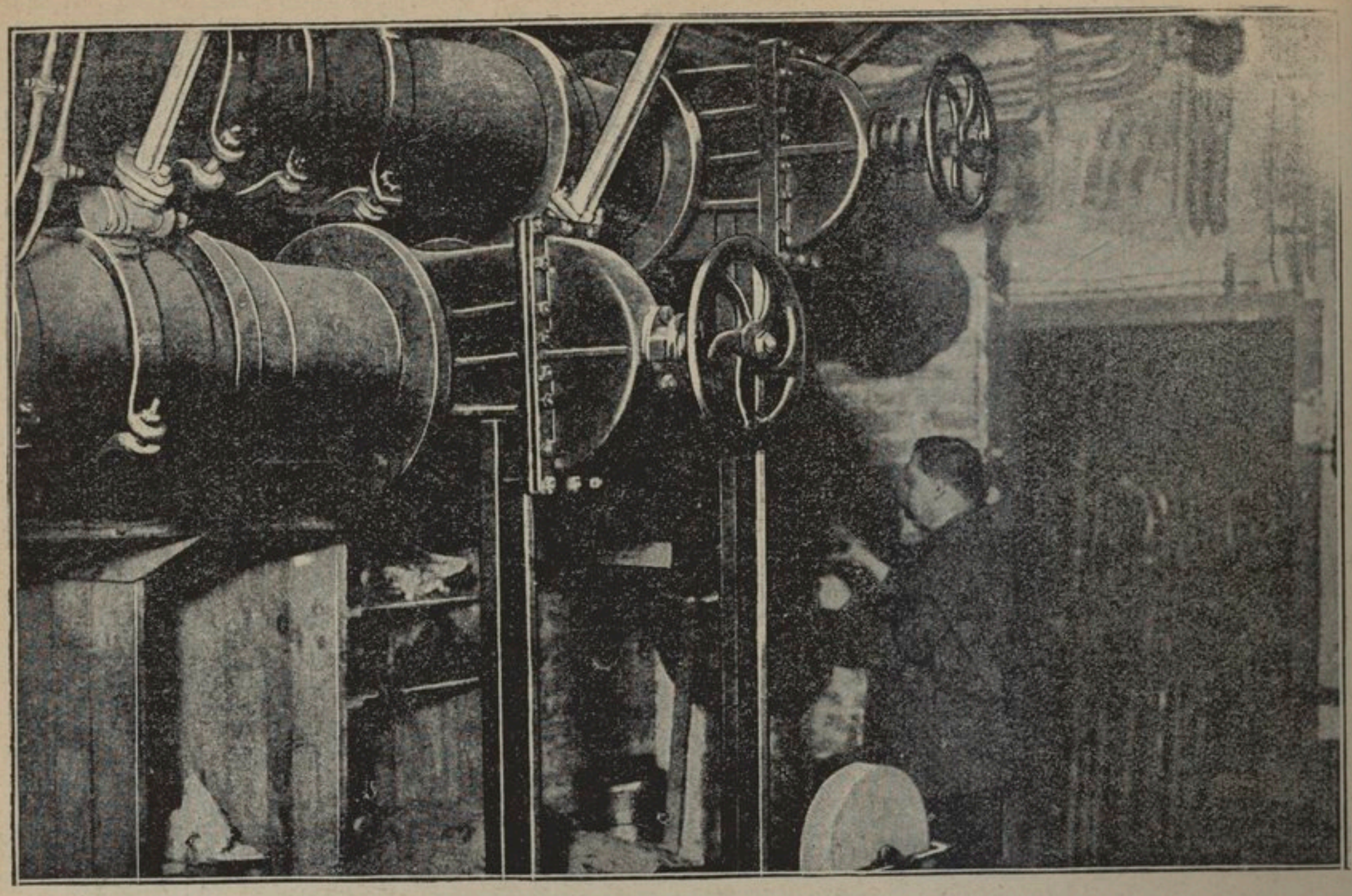


FIG. 10. — LES GROS TUBES A PRESSION ET A VIDE AVANT LEUR ENTRÉE DANS LA SALLE DES DISTRIBUTEURS, QUE L'ON VOIT A DROITE, PAR LA PORTE OUVERTE

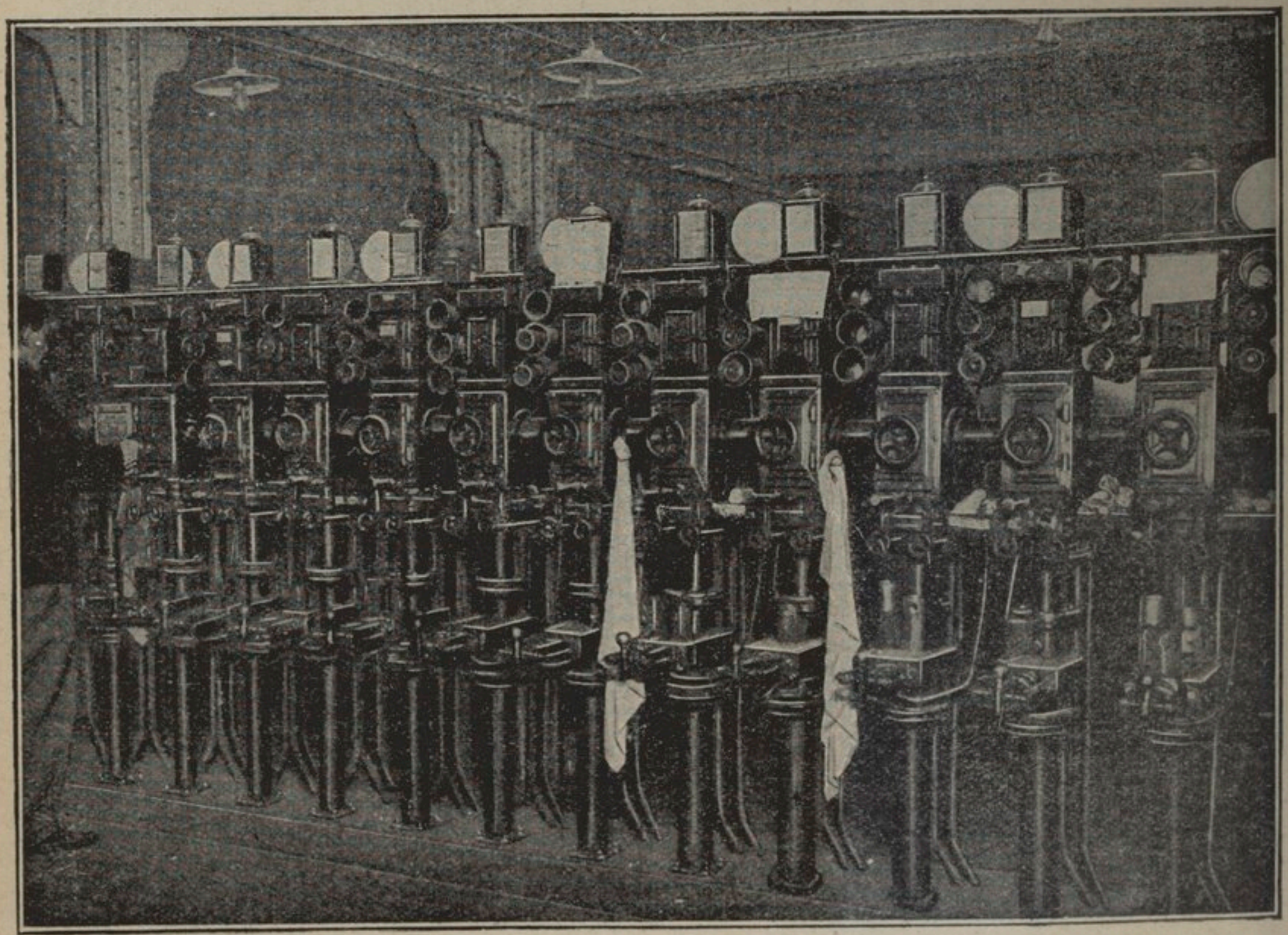


FIG. 11. — UNE BATTERIE D'APPAREILS PNEUMATIQUES AU BUREAU DE LA BOURSE DE PARIS

bureaux par ces installations décida leur remplacement par des ateliers spéciaux dans lesquels la force motrice nécessaire serait obtenue à l'aide de machines à vapeur.

Les ateliers du Creusot ont fourni à l'administration des Postes, qui s'est décidée à exploiter elle-même son réseau pneumatique, des machines à vapeur Corliss actionnant des compresseurs à double effet.

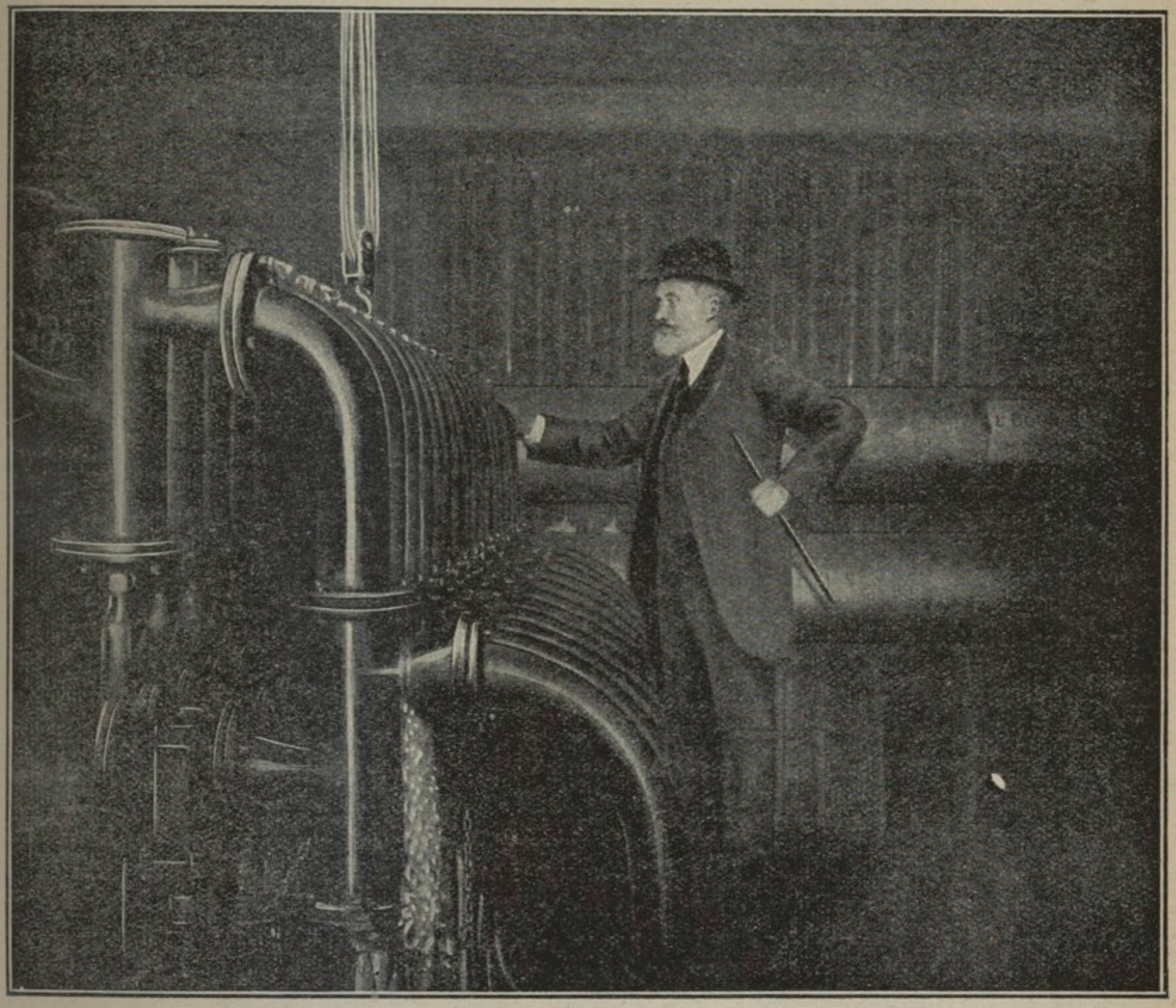


FIG. 12. — GROUPE DES DISTRIBUTEURS AU BUREAU CENTRE DE FORCE DE LA BOURSE

Un compresseur est un corps de pompe *A* (fig.5) dans lequel circule un piston *P*. Les deux extrémités du corps de pompe sont constituées par une cloison pourvue de 64 clapets *C* en bronze phosphoreux qui mettent en communication le cylindre avec deux chambres extrêmes *MN* et *M'N'* divisées en deux compartiments par une cloison étanche *H*. *M* et *M'* sont reliées par une canalisation tubulaire qui aspire dans l'atmosphère tandis que *N* et *N'* refoulent dans un réservoir d'air comprimé. Voici donc comment fonctionne ce compresseur :

Lorsque le piston est chassé vers la gauche, les clapets *C* et *C'* se ferment et l'air contenu en *E* est refoulé par le clapet *S'*. En même temps, une admission d'air atmosphérique a lieu par le clapet *S* resté ouvert, *C'* étant fermé. Pendant le retour du piston, l'effet contraire se produit dans le cylindre. L'air de *E'* est refoulé par le clapet *C'* qui s'ouvre, *S* se collant sur son siège et l'air atmosphérique pénètre par *C*, *S'* restant fermé.

La compression de l'air étant toujours accompagnée d'une élévation de température, il est nécessaire de refroidir le compresseur. Le procédé, bien connu, consiste à l'entourer d'une seconde enveloppe et à provoquer une circulation d'eau dans l'espace ainsi ménagé. Cette eau s'empare des calories dégagées. Les clapets Corliss sont remarquables par leur élasticité et leur solidité ; faits en bronze phosphoreux, ils comportent une embase sur laquelle une rondelle est maintenue par un ressort héli-

coïdal à spires plates ; ils ne font aucun bruit.

On utilise aussi le vide pour aspirer les trains des bureaux qui ne possèdent pas de force motrice. Un autre compresseur est nécessaire, mais au lieu d'aspirer dans l'atmosphère et de refouler dans un réservoir, il aspire dans le réservoir et refoule dans l'atmosphère.

Lorsque le piston *P* va vers la gauche, *D'* se ferme, *B* s'ouvre pour refouler et *B'* s'ouvre pour aspirer. Dans le mouvement contraire, *D'* aspire tandis que *D* refoule, *B* et *B'* restant fermés.

Dans l'installation, les deux compresseurs sont placés en tandem et actionnés tous deux par la même machine à vapeur. L'un des deux appareils produisant le vide relatif et l'autre de l'air comprimé, on pourrait les accoupler directement par leurs canalisations supérieures de manière à obliger le premier à aspirer dans le second, et le second à refouler dans le premier. Cette combinaison est beaucoup moins avantageuse dans la pratique qu'en théorie, car elle aboutit à surcharger inutilement la machine dont le rendement diminue dans une trop grande proportion.

Les ateliers dans lesquels on produit la force motrice nécessaire à l'exploitation du réseau pneumatique sont de véritables usines possédant leurs chaudières qui alimentent les machines à vapeur. A l'Hôtel des Postes, six chaudières multitubulaires Belle-

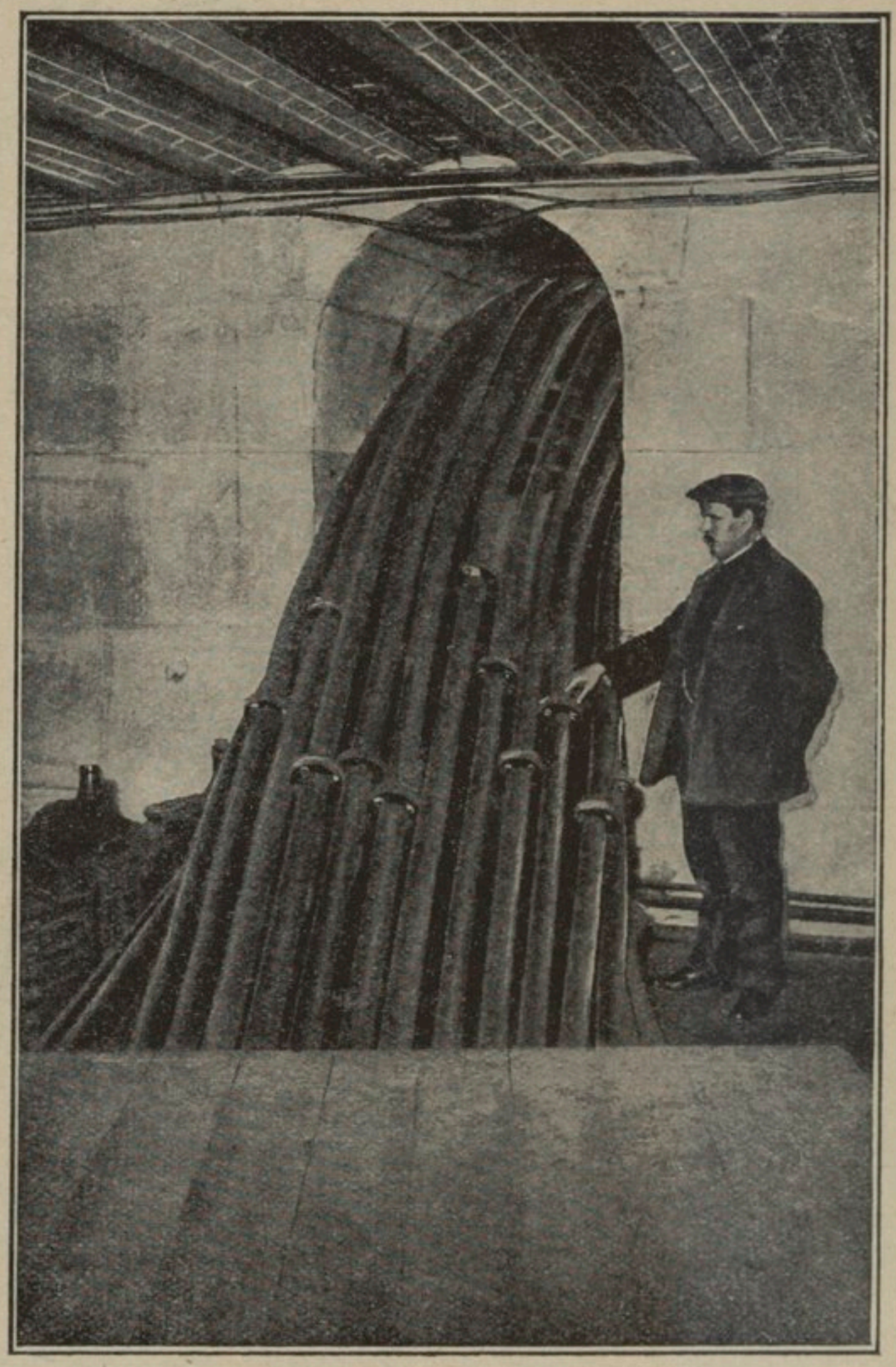


FIG. 13. — LE DÉPART DES TUBES DU BUREAU CENTRE DE FORCE DE LA BOURSE

ville, indépendantes, fournissent la vapeur à trois groupes moteurs parfaitement distincts (fig. 2) ; leur liaison avec chacun de ces groupes est combinée de telle sorte que l'une quelconque d'entre elles puisse alimenter indifféremment l'un ou l'autre groupe.

Dans toutes les installations un groupe comporte toujours une machine à vapeur et deux compresseurs. A Saint-Sabin, une machine à deux cylindres, à détente système Quéruel, mène directement les deux compresseurs attelés chacun à un cylindre.

Dans tous les cas, les compresseurs débitent, non pas directement dans les canalisations, mais dans des réservoirs qui régularisent leur débit et en même temps permettent la condensation de la vapeur d'eau entraînée par l'air atmosphérique aspiré. Ces réservoirs sont généralement de très grande capacité, et il faut qu'ils le soient. A l'Hôtel des Postes, ils mesurent 19 mètres de longueur et 1 m. 60 de diamètre.

Bureau centre de force. — Un bureau centre de force peut être considéré comme un relais pour l'air comprimé, alimenté en permanence par l'atelier auquel il est relié et chargé de la distribution de la force motrice à un certain nombre de bureaux secondaires appelés postes intermédiaires.

L'air comprimé — et le vide — sont amenés au centre de force par deux grosses cana-

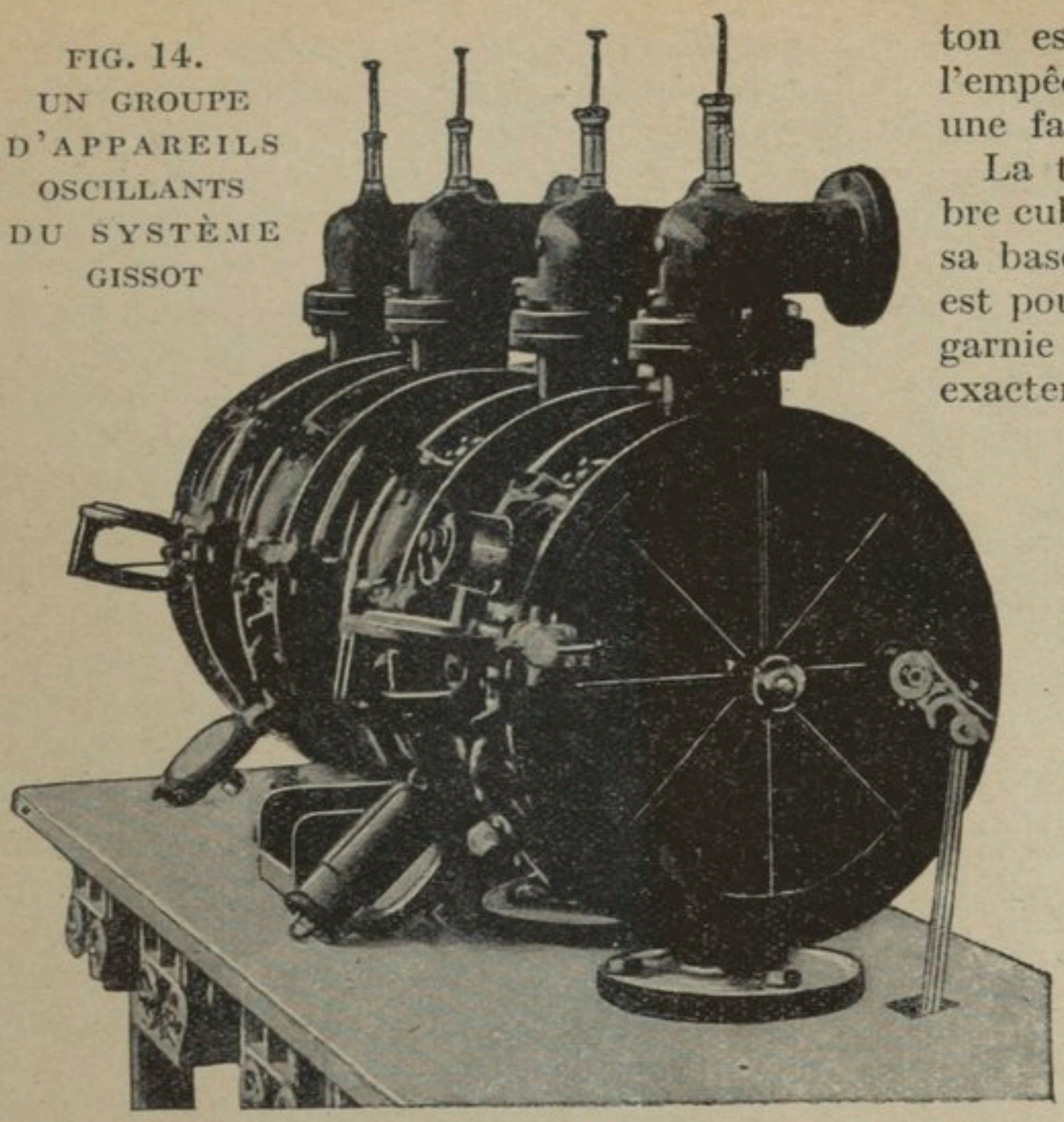


FIG. 14.
UN GROUPE D'APPAREILS OSCILLANTS DU SYSTÈME GISSOT

lisations aboutissant à une batterie d'appareils distributeurs (fig. 7). Ces derniers, installés dans le sous-sol, sont reliés directement aux groupes d'appareils dits « têtes de ligne » utilisés pour l'envoi des pistons aux bureaux intermédiaires en *soufflant* (air comprimé) et pour l'appel par aspiration des pistons de ces mêmes bureaux (air raréfié). Ce principe n'est d'ailleurs pas absolu ; sur les circuits polygonaux à ligne unique réunissant plusieurs bureaux, on « souffle » sur tous les bureaux appartenant à ce circuit, mais l'échappement se fait dans le dernier de ces bureaux ; on aspire entre celui-ci et le centre de force.

Le bureau de la Bourse constitue un centre de force d'autant plus important qu'il est également le noyau du système rayonnant parisien. Il a été entièrement installé par un inspecteur des télégraphes, M. Gissot, avec les appareils qu'il a imaginés. Leur étude nous sera facilitée par la figure schématique (figure 8).

La ligne *L* arrive verticalement sous la tête ; sur son passage est montée une valve *V* manœuvrable à la main par un levier extérieur ; elle est constituée par une épaisse feuille d'acier qui permet d'obturer complètement la ligne lorsque le piston est arrivé à destination, afin de l'empêcher de retomber dans le tube si une fausse manœuvre se produisait.

La tête est constituée par une chambre cubique, ouverte en permanence, par sa base, sur la ligne. Sa face antérieure est pourvue d'une solide porte de bronze garnie de caoutchouc qui s'applique exactement sur son cadre et se maintient fermée à l'aide d'un robuste verrou actionné par une poignée.

Latéralement, les têtes de ligne portent deux ouvertures circulaires permettant de relier tous les appareils appartenant à une

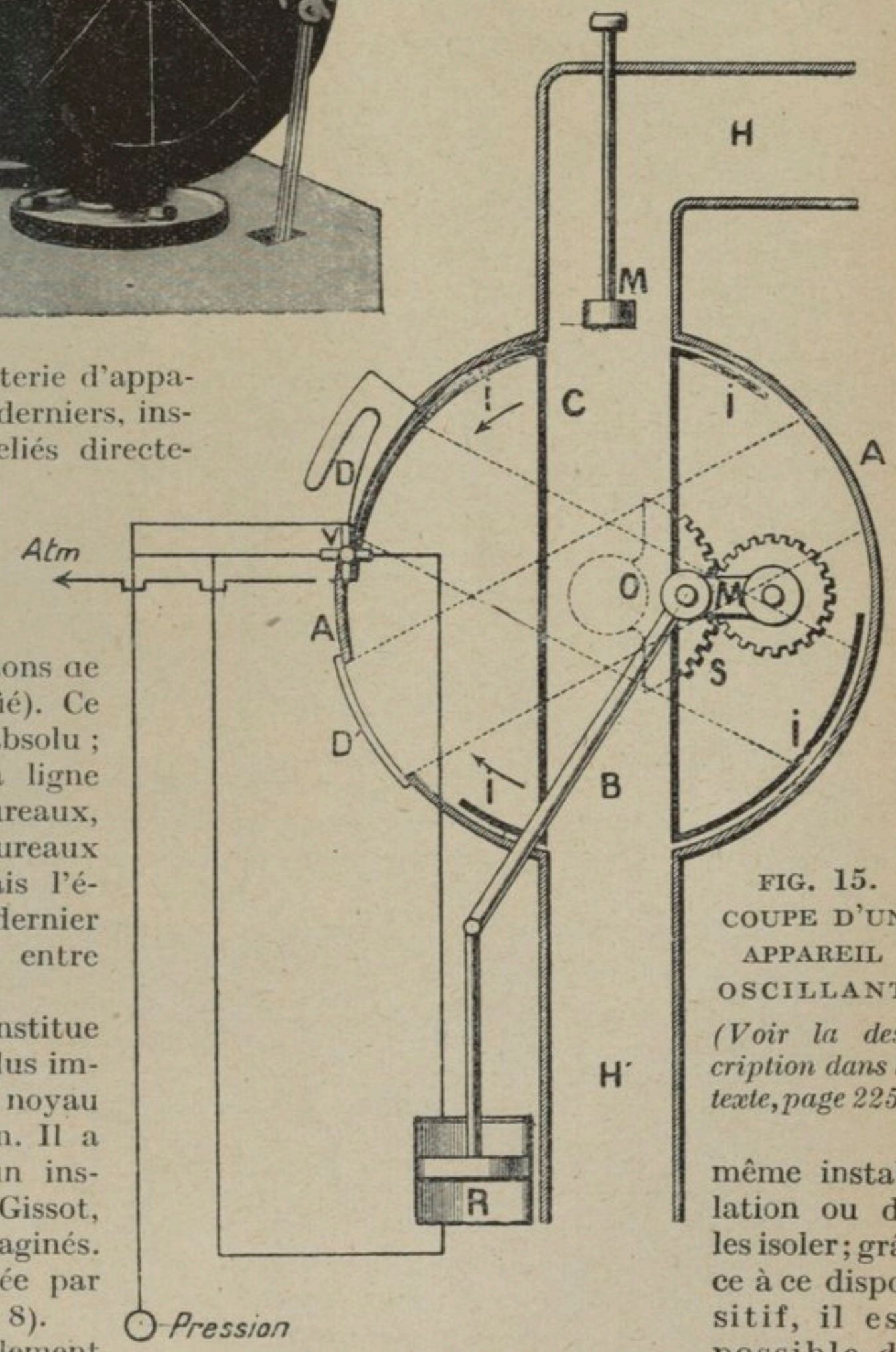


FIG. 15.
COUPE D'UN APPAREIL OSCILLANT
(Voir la description dans le texte, page 225)

même installation ou de les isoler ; grâce à ce dispositif, il est possible de desservir une ligne quelconque par l'un quelconque des distributeurs du sous-sol puisque l'air comprimé ou raréfié circule également dans tout le groupe des têtes.

En arrière de la tête aboutit un autre

tube conducteur de la force motrice et venant directement du distributeur.

Les distributeurs jouent un rôle essentiel. Ils sont commandés par des robinets jumelés *B* que le « tubiste » (sous-agent préposé à l'envoi et à la réception des pistons) manœuvre à la main à l'aide d'un petit volant. Ils comportent deux groupes de deux pistons reliés par une tige rigide et disposés verticalement. Une canalisation spéciale prise sur le gros tube amenant l'air comprimé de l'atelier au centre de force aboutit en face de l'un des deux groupes de pistons; l'autre groupe est relié de la même manière au gros tube d'air raréfié. Le distributeur peut donc recevoir indifféremment de l'air comprimé ou de l'air raréfié pour conduire à la tête des appareils supérieurs.

Les robinets jumelés actionnent les distributeurs de la manière suivante. Chacun d'eux, qui peut être considéré comme un robinet à quatre voies, est pourvu de quatre canalisations reliées en permanence: la première, au gros tube de pression; la seconde, au gros tube de vide; la troisième, à la base du groupe des pistons de pression et la quatrième à la base du groupe des pistons de vide.

Au repos, l'ensemble se présente comme l'indique notre figure 8: les deux groupes de pistons *Dp* et *Dv* sont assis sur leurs sièges. l'air contenu dans la tête *T* et le tuyau d'amenée est à la pression atmosphérique. La valve *V* est complètement fermée.

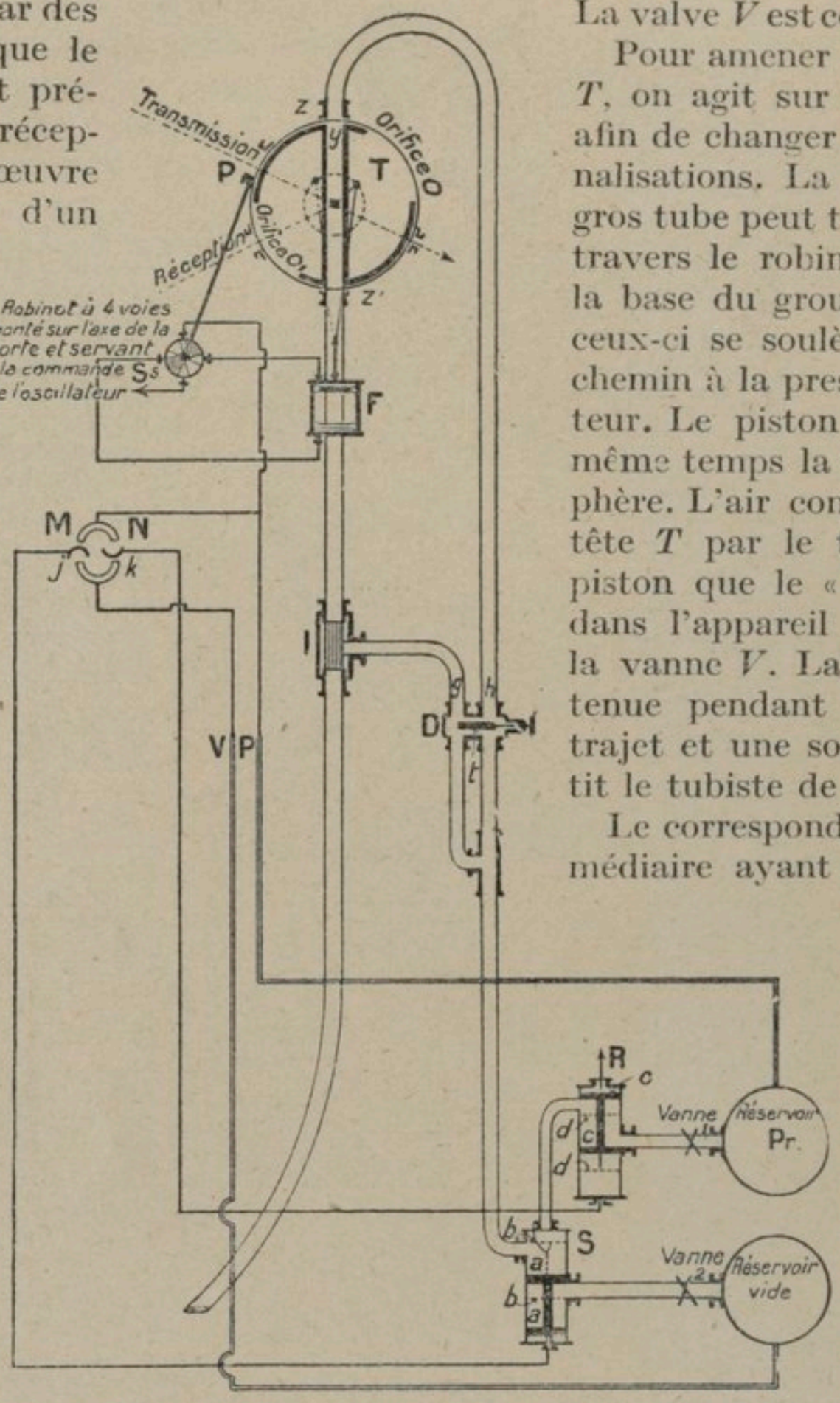


FIG. 16. — INSTALLATION D'UN BUREAU CENTRE DE FORCE POUR LES APPAREILS OSCILLANTS

Pour amener la pression à la tête *T*, on agit sur les robinets jumelés afin de changer l'orientation des canalisations. La pression venant du gros tube peut trouver un passage à travers le robinet pour se rendre à la base du groupe des pistons *Dp*; ceux-ci se soulèvent et ouvrent un chemin à la pression par le distributeur. Le piston supérieur ferme en même temps la liaison avec l'atmosphère. L'air comprimé se rend à la tête *T* par le tuyau *t* et chasse le piston que le « tubiste » a engagé dans l'appareil après avoir ouvert la vanne *V*. La pression est maintenue pendant toute la durée du trajet et une sonnerie spéciale avertit le tubiste de l'arrivée du piston.

Le correspondant du bureau intermédiaire ayant un piston à envoyer effectue un appel électrique convenu. Aussitôt, son « collègue » du centre de force agit sur les robinets jumelés en effectuant la même manœuvre que précédemment mais, en sens contraire afin de diriger la pression sous le groupe de pistons *Dv*. On voit que le vide peut se transmettre par la tête *T* dans la ligne et provoquer l'aspiration du piston qui s'arrête dans la tête de l'appareil. Le tubiste ferme la vanne *V*, coupe l'air aspiré et peut ouvrir la porte pour retirer le piston.

La simplicité du mécanisme et la régularité du fonctionnement de ces distributeurs sont remarquables; leurs canalisations sont disposées de manière à ramener automatiquement la pression atmos-

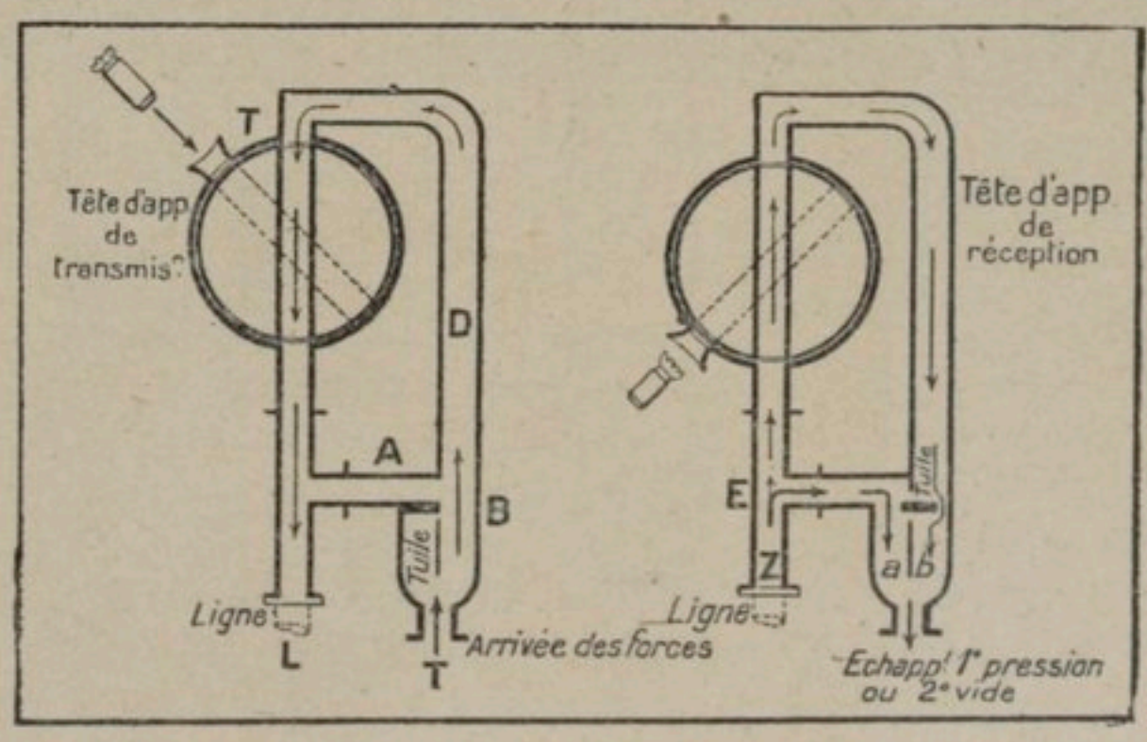


FIG. 17 ET 18. — FONCTIONNEMENT DE LA VALVE DE FREINAGE

phérique dans la tête des appareils dès que la force motrice est complétement coupée.

Les postes intermédiaires, semblables à ceux que nous venons de décrire, ne possèdent ni robinets jumelés ni distributeurs, puisqu'ils n'ont à leur disposition aucune force motrice. Les « tubistes » n'ont donc d'autre manœuvre à effectuer que celle de la vanne et celle de la poste de la tête *T*. Notre figure schématique 9 permet d'étudier le fonctionnement d'un groupe de trois bureaux, dont un centre de force et deux intermédiaires, et cela sans explications complémentaires.

Il existe d'autres modèles d'appareil que ceux dont nous venons de parler. Citons les appareils Fortin-Hermann (fig. 22), déjà anciens. Aucun organe distributeur n'est intercalé entre les tubes de force motrice et la tête de l'appareil. Par contre, chaque tête possède deux tuyaux d'arrivée d'air : un pour l'air comprimé et un pour l'air raréfié ; on ferme l'un ou l'autre, selon les cas, à l'aide de volants à main. De plus, les têtes sont reliées par un autre tuyau qui s'ouvre directement à l'atmosphère par une tubulure commune à tous les appareils d'une même installation. Les manœuvres exigées du tubiste sont donc plus nombreuses que dans les nouveaux appareils.

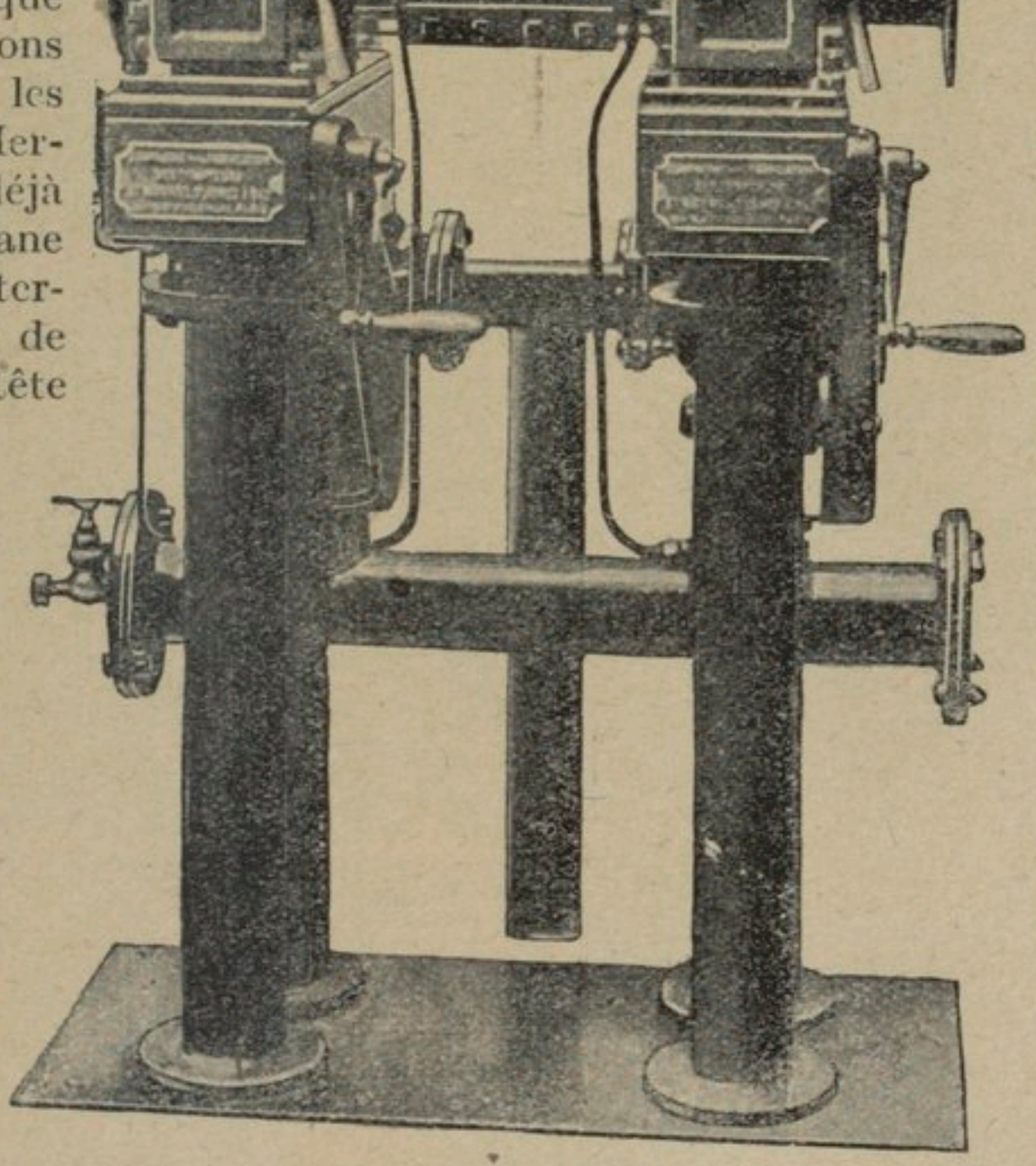


FIG. 19. — APPAREILS RECTANGULAIRES DU SYSTÈME GISSOT

M. Gissot, chargé du réseau pneumatique de Paris depuis de nombreuses années, n'a cessé d'y apporter des améliorations, des modifications ; d'autres systèmes imaginés par lui remplacent peu à peu les anciens appareils devenus inutilisables. Les deux dernières de ses créations sont les *appareils oscillants* et les *appareils rectangulaires* dont nous ne pouvons nous dispenser de parler.

En usage dans quelques bureaux parisiens et à Alger, les appareils *oscillants* diffèrent totalement des précédents, sinon dans le mode d'utilisation de la force motrice, du moins dans leur mécanisme, particulièrement intéressant.

La ligne et le tuyau d'arrivée de la force motrice aboutissent à un boisseau fermé par deux flasques dans lequel peut osciller une portion de tube de même diamètre que celui de la ligne et que l'on nomme la clef. Cette clef *C* (fig. 15) est venue de fonte avec des éléments cylindriques *ii*, et l'ensemble est engagé à l'intérieur du boisseau, de manière à ménager entre les deux surfaces un espace d'une très faible fraction de millimètre qui permette la rotation sans aucun frottement, afin de supprimer le graissage.

L'un des tourillons de la clef porte un secteur denté *S* engrenant avec un pignon également denté dont l'axe est pourvu d'une courte manivelle *M*. Cette manivelle est commandée par une bielle *B* reliée à la tige du piston *R*, mobile verticalement dans un corps de pompe susceptible de recevoir de l'air comprimé par sa base ou par une tubulure supérieure. Ce piston peut être considéré comme l'organe moteur du système oscillant Gissot.

Sur le corps du boisseau sont pratiquées deux ouvertures *DD'* fermées par des portes. La clef oscillante peut présenter son ouverture supérieure en face de la porte *D* pour envoyer un piston ou son ouverture inférieure en face de la porte *D'* pour laisser tomber le piston qu'elle vient de recevoir.

Ses déplacements sont de 60 degrés environ.

L'axe de la porte *D* commande un robinet à quatre voies *V*, pendant les périodes d'ouverture et de fermeture, dont les canalisations aboutissent : une à l'air comprimé, deux au moteur *R*, la quatrième s'ouvre à l'air libre. La combinaison ainsi réalisée par la conjugaison des mouvements de la porte et du rotor du robinet assure le fonctionnement très régulier de l'appareil.

L'installation d'un centre de force pour les appareils oscillants est, à peu de chose près, semblable à celle du système précédent. Cependant, d'autres organes interviennent, entre autres, une vanne de freinage sur laquelle il convient d'attirer surtout l'attention.

On voit (schéma fig. 16) qu'une liaison tubulaire, capable de livrer passage à la force motrice relie le tuyau d'arrivée d'air à la ligne. Cette liaison est réalisée par l'intermédiaire de la vanne de freinage *D* installée sur le premier tube et par un *T* de dérivation *I* solidaire de la ligne. La vanne est destinée à provoquer le ralentissement du piston récepteur à partir de l'instant où il a franchi le *V*; la dérivation conduit, en effet, une partie de l'air moteur dans la vanne d'où il s'échappe dans l'atmosphère par l'intermédiaire du distributeur, dont les pistons sont au repos.

Le fonctionnement de cette vanne est expliqué par les figures schématiques 17 et 18. Elle comporte deux tuyauteries de faible longueur débouchant, l'une dans le tube vertical *D*, l'autre dans la branche de dérivation. Un registre, manœuvrable de l'extérieur à l'aide d'une vis à volant, peut obturer l'un ou l'autre des deux orifices ou chevaucher sur les deux. Dans ce dernier cas, quelle que soit la position du registre, la surface totale découverte est toujours égale exactement à la section de la ligne.

Pendant l'envoi des pistons, la vanne de freinage ne joue aucun rôle. Le registre occupe la position *A*; l'air comprimé arrivant par le tuyau *T* pénètre dans l'appareil par le tube *D* et chasse le piston. Lorsque l'on passe à la position de réception, le registre est amené à cheval sur les deux ouvertures ; l'orifice *B* est presque complètement fermé tandis que l'orifice *A* est plus largement découvert. Dès que le piston venant du bureau correspondant a franchi le passage *E*, une partie de l'air comprimé — ou du vide — passe par la canalisation latérale et retourne à l'échappement. Le piston n'étant plus sollicité que par une pression fortement diminuée, ralentit sa marche et s'arrête dans la clef oscillante, l'air qui l'a accompagné s'échappant par l'orifice *B*.

Le *T* de répartition est une fraction tubulaire de la ligne constituée par un tube à paroi évidée longitudinalement; les parties pleines servent de guide au piston. Une chemise enveloppante permet à l'air de s'écouler et de pénétrer

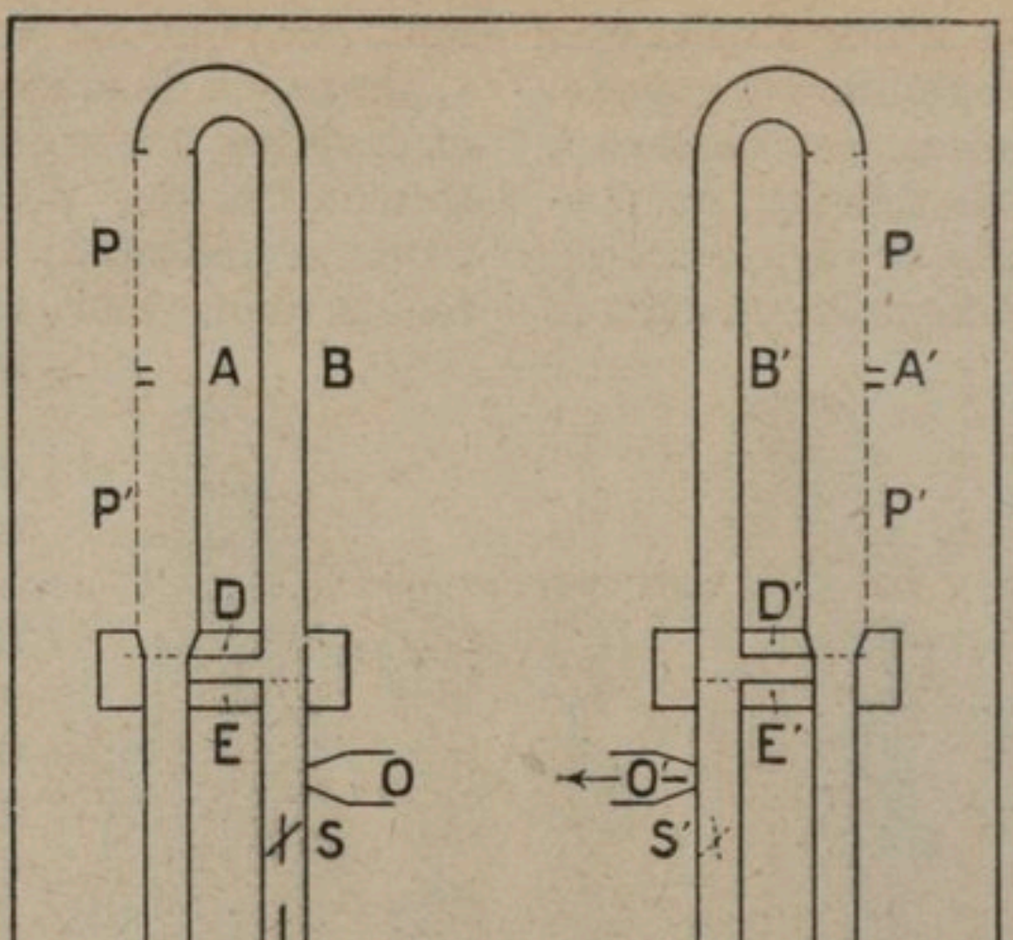


FIG. 20. — SCHÉMAS MONTRANT LE FONCTIONNEMENT DES APPAREILS RECTANGULAIRES

(Voir le texte à la page 228)

LE CINTRAGE DES TUYAUX

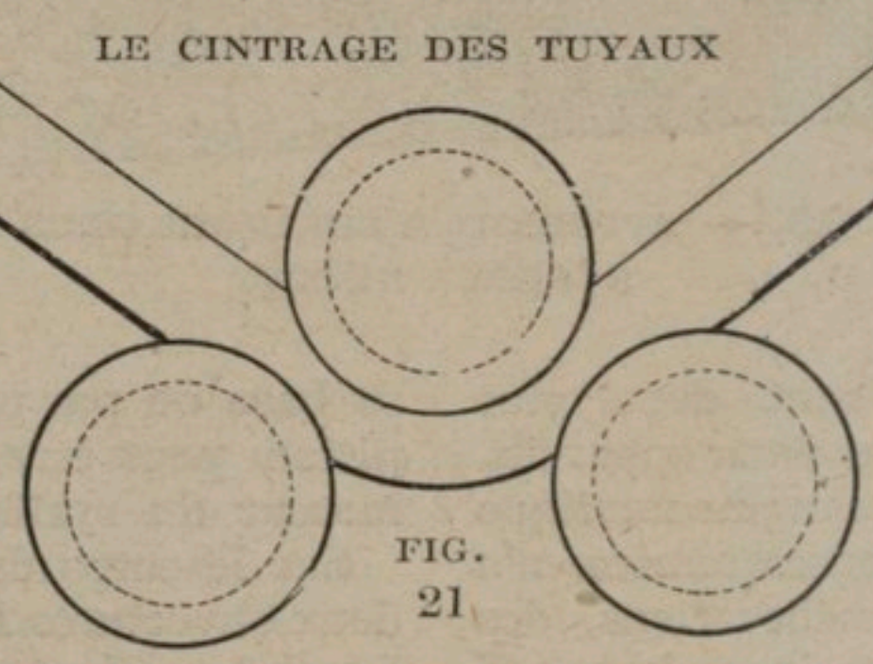


FIG. 21

aisément dans la dérivation.

Nous retrouvons, dans l'installation générale, un robinet jumelé semblable à ceux des postes ordinaires et un distributeur placé dans le sous-sol.

L'appareil oscillant peut être affecté exclusivement au départ des pistons ou à leur arrivée, ou bien encore alternativement à l'une et à l'autre fonction. Voyons ce qui se passe dans le premier cas.

Le robinet jumelé *MN* (fig. 16) est toujours orienté de telle sorte que l'air comprimé suivant le trajet *Nk* soulève les pistons du distributeur dans la position *CC'*; l'air comprimé traverse l'appareil, la vanne de freinage, dont le registre obture la section *g* et se rend dans la tête de l'appareil pour chasser le piston. Tous les organes restent dans cette position pendant la durée du service et l'envoi des pistons ne nécessite aucune sorte d'autre manœuvre que l'ouverture et la fermeture de la porte.

Il est également possible d'engager plusieurs pistons sur la ligne à quelques secondes d'intervalle les uns des autres sans se préoccuper de leur arrivée au poste récepteur. Malgré la manœuvre de la clef oscillante, le passage de l'air comprimé n'est jamais interrompu. On remarque, en effet, que si l'ouverture *y* est portée en face de la porte *P*, l'orifice *O* ménagé dans l'anneau mobile,

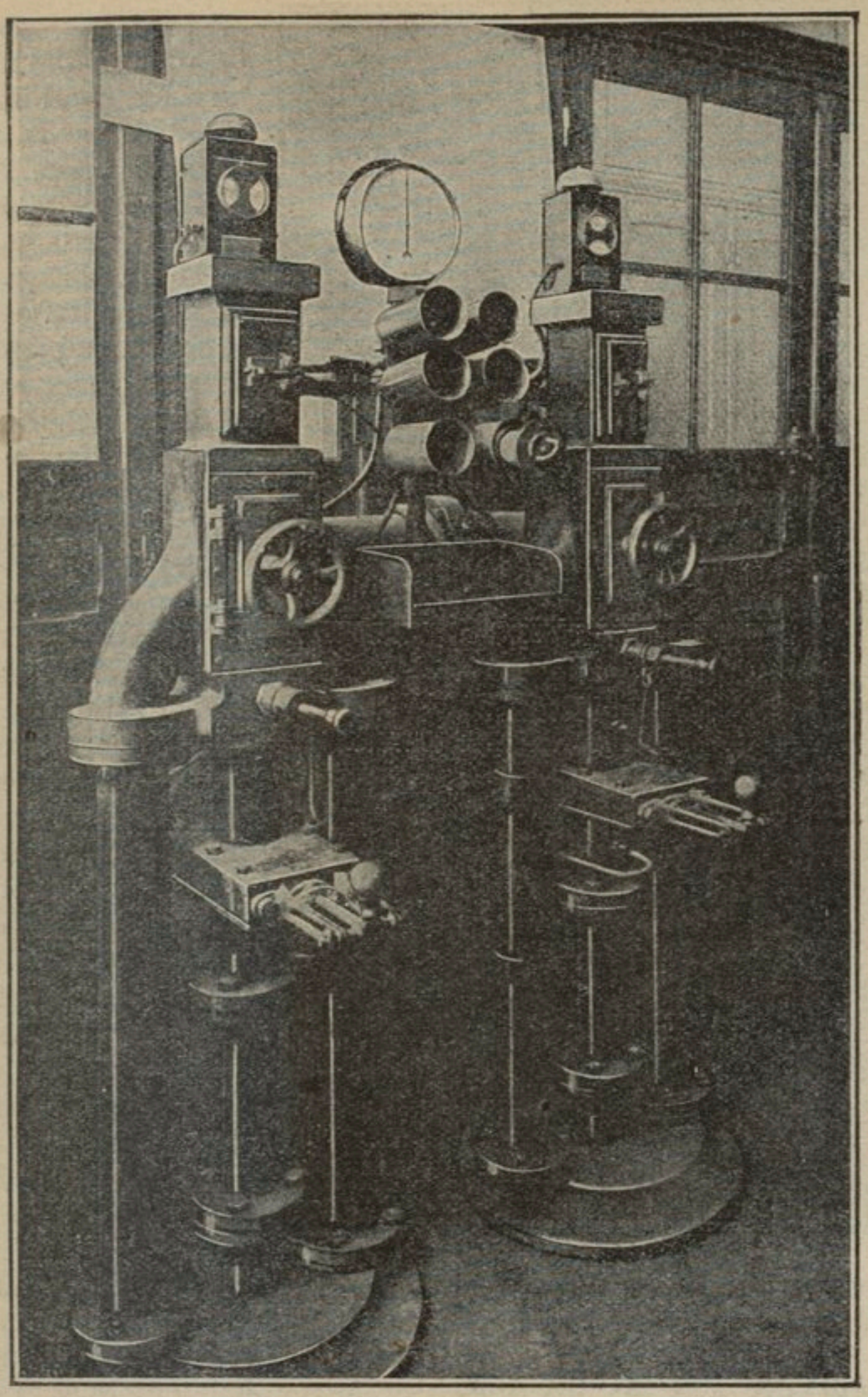


FIG. 22. — APPAREIL FORTIN-HERMANN

La pression arrive à la tête par le tube de droite, le vide par le tube de gauche ; le tube central est la ligne pneumatique.

vient se placer en face de *Z* et l'orifice *O'*, en face de *Z'*. Le diamètre extérieur du tube oscillant étant inférieur à l'écartement intérieur des deux flasques du boisseau, l'air peut circuler dans cet espace libre, pénétrer dans la ligne et continuer à chasser le piston pendant que se prépare l'expédition d'un second.

Lorsque l'appareil est affecté exclusivement à la réception, les robinets jumelés, orientés en sens contraire, établissent la relation avec le réservoir à vide qui aspire sur toute la ligne par l'intermédiaire du distributeur, dont les pistons se sont soulevés. La vanne de freinage est réglée, comme nous l'avons dit plus haut. A chaque arrivée de piston, le tubiste se contente d'ouvrir la porte *P* pour que l'oscillateur prenne automatiquement la position de réception et verse le piston sur la table. Observons que lorsque l'oscillateur est sur la position de réception, le talon vient obturer la ligne au point *Z'*; tout piston engagé avance normalement jusqu'à ce qu'il ait atteint le T de dérivation, mais à partir de ce moment, il comprime devant lui et ne peut atteindre l'oscillateur dans lequel il pénétrera dès que la clef aura repris sa position verticale.

Le système a été fortement simplifié par la mise en service, dans les centres de force,

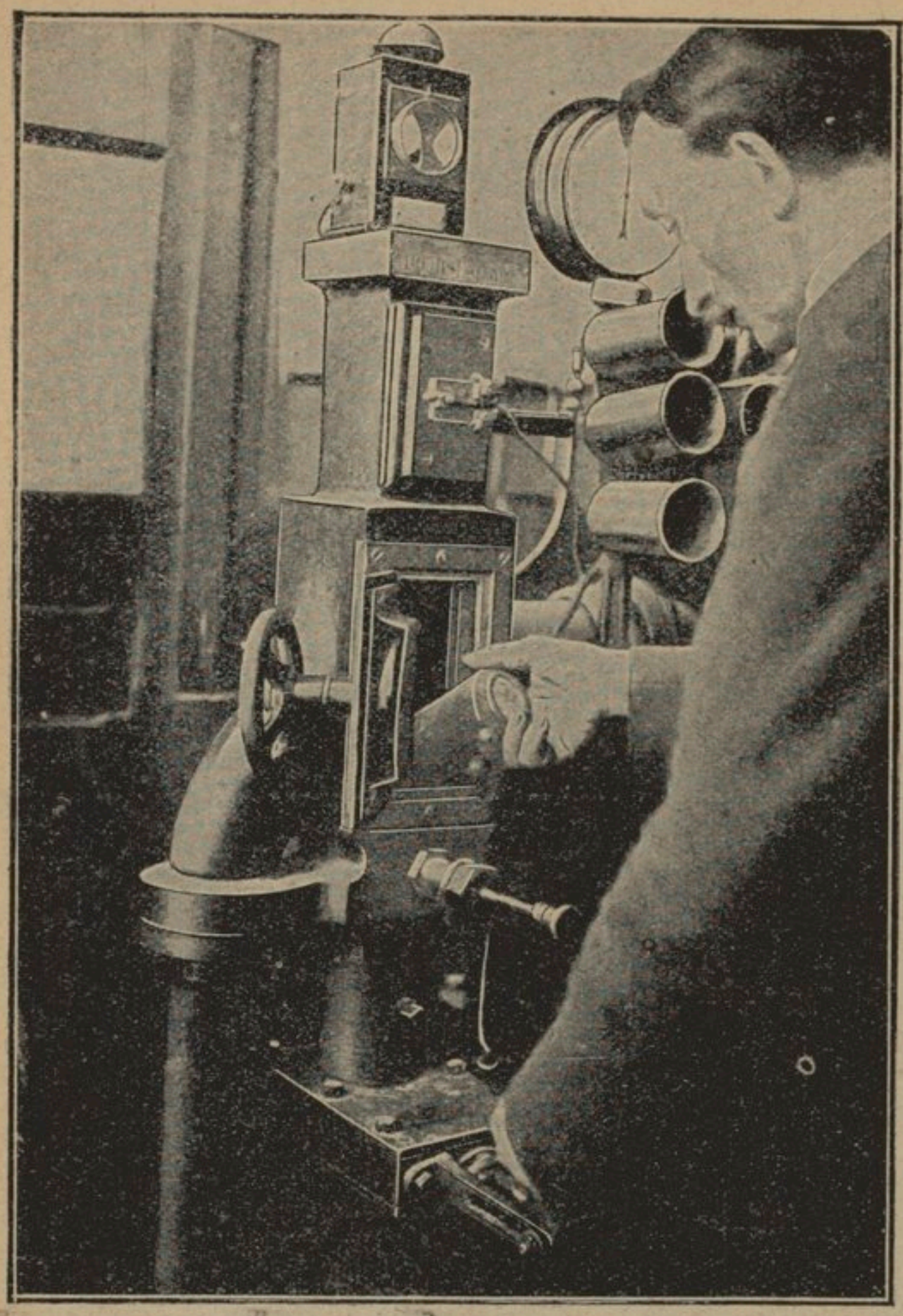


FIG. 23. — LE TUBISTE RETIRE UN « PISTON » QUI VIENT D'ARRIVER AU BUREAU

du type d'appareil dit « poste intermédiaire ». Cette application a permis de supprimer le moteur, le robinet distributeur, les robinets jumelés et les portes elles-mêmes. Il a suffi d'intercaler un robinet à trois voies manœuvrable par un volant entre les deux collecteurs de vide et d'air comprimé. Les postes intermédiaires, dépourvus par conséquent de force motrice locale, comportent toujours deux appareils : un transmetteur et un récepteur, dans lesquels les organes de freinage sont reliés très efficacement par une tubulure spéciale.

Le plus récent modèle d'appareil pneumatique, le système *rectangulaire*, est constitué en principe par deux tubes verticaux *A* et *B* (fig. 19 et 20). Le diamètre du premier est tel qu'il peut être installé indifféremment sur des lignes de 65 ou de 80 millimètres. La tête *A* est pourvue de deux portes superposées *PP'* servant, la première à l'envoi des pistons, la seconde, à leur réception. Les deux tubes se prolongent en deux branches dont l'une *L* constitue la ligne proprement dite ; l'autre, *K*, vient se relier à la première par un boisseau *M* livrant passage à l'air.

Deux obturateurs *DE*, logés dans une boîte massive, peuvent isoler complètement l'appareil de ses deux canalisations inférieures à l'aide d'une manivelle qui commande en même temps, par une chaîne et un pignon denté, un papillon *S* placé à l'intérieur du tube *K*. L'air comprimé ou le vide pénètrent par une tubulure *O* aboutissant à la sortie du distributeur. Dans chaque bureau centre de force, ainsi que dans le poste intermédiaire un appareil est toujours réservé à l'envoi des pistons et un autre à leur réception.

Normalement, les valves *D* et *E* ferment les deux tubes et le papillon *S* est ouvert. Si un piston est engagé sur la ligne, il continue à recevoir de l'air comprimé par la canalisation *KM*. Pour faire partir un nouveau piston, on l'engage par la porte *P* aussitôt refermée. Puis le tubiste, à l'aide de la manivelle, ouvre les registres *D* et *E* et ferme le papillon *S*. L'air comprimé passe par le tube *B* et chasse le piston ; les registres sont ensuite fermés et le papillon ouvert afin de remettre l'appareil dans la position de départ, c'est-à-dire prêt à l'envoi d'un nouveau piston.

Dans le poste récepteur, les mêmes manœuvres s'effectuent en sens inverse.

Les usines productrices de la force motrice et les appareils transmetteurs et récepteurs des pistons étant connus, il nous reste maintenant à dire quelques mots des tubes qui constituent le réseau pneumatique.

A Londres, ces tubes sont en plomb, protégés par des fourreaux de fonte. En France, les premiers tubes étaient en fonte, mais, enfoncés souvent à même dans le sol, comme des conducteurs électriques, le passage des voitures lourdement chargées causait des fissures nécessitant de fréquents remplacements de sections de ligne. On résolut alors de les construire en fer, par éléments de 5 mètres. Leur épaisseur varie entre 3 mm. 5 et 4 millimètres. Le départ de la

fabrication est une lame de fer doux que l'on fait passer sur un mandrin pour lui donner une forme semi-circulaire ; les opérations suivantes rapprochent peu à peu les bords, qui sont ensuite soudés par compression dans un laminoir spécial. Le tube étant amené au blanc soudant, on introduit à l'intérieur un obus pourvu d'une tige, et la compression s'exerce sur cet obus.

Lorsque les tuyaux doivent franchir des courbes, ils sont cintrés à froid dans une machine comportant deux galets fixes à gorge demi-circulaire ; un troisième galet, semblable aux précédents, est suspendu par une fourche et s'abaisse sur le tube porté par les deux premiers (fig. 21). Le tuyau ainsi emprisonné est entraîné en épousant la courbure dont le rayon dépend de l'écartement des deux galets fixes.

Dans les explications données sur la manœuvre des appareils, nous avons toujours considéré un piston unique transporteur de télégrammes. En réalité, ces pistons sont toujours précédés de boîtes construites également en tôle emboutie et recouvertes d'une solide gaîne de cuir. ainsi que les pistons, d'ailleurs. L'ensemble constitue un « train » dont le piston serait la locomotive et les boîtes les wagons. Quelquefois, des trains de trois ou quatre boîtes, chargées chacune de 20, 30 et même 100 télégrammes, cheminent les uns à la suite des autres à quelques minutes d'intervalle.

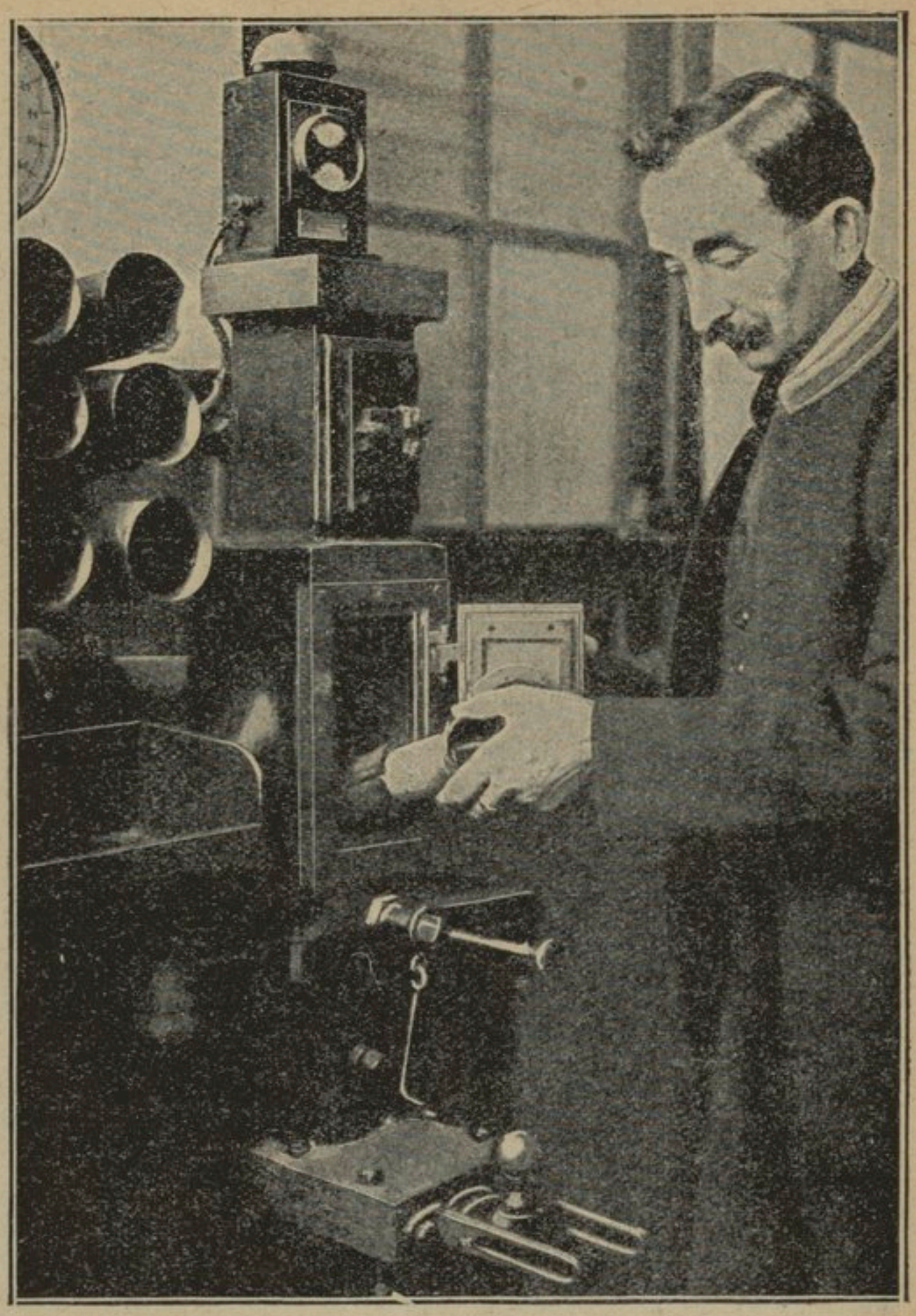


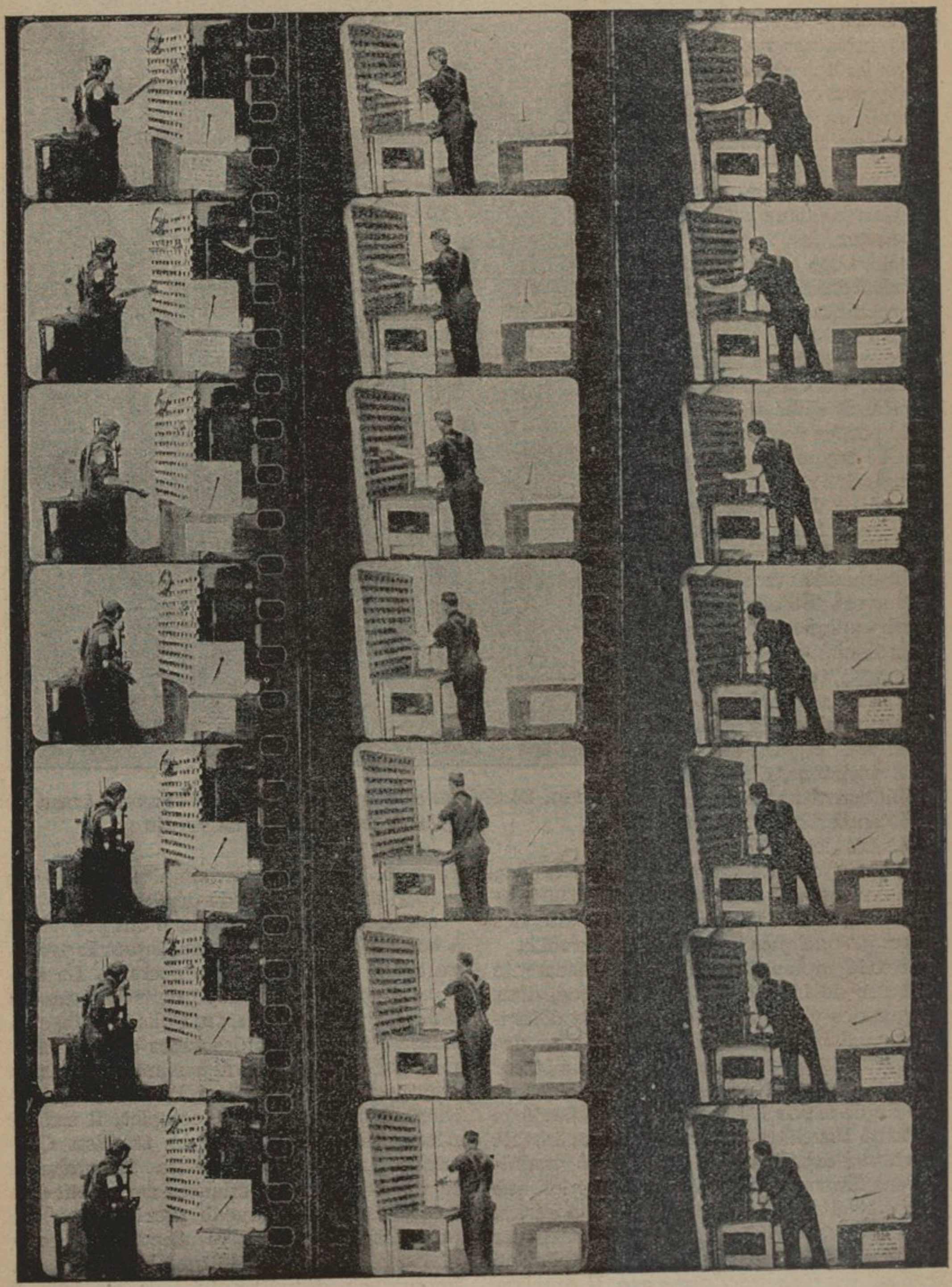
FIG. 24. — LE TUBISTE ENGAGE UN « PISTON » POUR LE FAIRE PARTIR PAR LA LIGNE

La télégraphie pneumatique, concurrente heureuse de la télégraphie électrique, dans les grandes villes, serait-elle capable d'étendre son domaine, de relier entre elles des localités distantes de plusieurs kilomètres? Le problème s'est posé déjà, notamment en vue de desservir les localités de la banlieue à Paris. Peut-être n'y aurait-il pas intérêt à tenter l'expérience en raison des modifications importantes dans le matériel que nécessiterait l'extension. Mais si l'on désire, au lieu de faire de la télégraphie, constituer un service postal extra-rapide, l'installation rendrait les plus grands services. Il conviendrait alors d'envisager, ainsi que cela a été fait à Londres, la construction d'un petit chemin de fer électrique automatique transportant, non plus de simples feuilles de papier, mais des sacs de dépêches.

Cependant les Américains n'ont pas hésité à confier aux tubes pneumatiques le transport des correspondances postales. Le système Batcheller, employé dans les grandes villes : New-York, Boston, Philadelphie, etc., utilise normalement des tubes de 208 millimètres de diamètre uniquement réservés au transport des lettres ; si l'on désire effectuer un service postal complet, il semble nécessaire de recourir à la traction électrique. Le problème de la transmission rapide des correspondances sera peut-être solutionné dans un avenir prochain par des procédés tels — poste électrique, poste aérienne — que la télégraphie verra son importance décroître de jour en jour, à moins qu'une révolution ou une organisation nouvelle ne lui rende sa vitalité.

LUCIEN FOURNIER.

LA SIMPLIFICATION DU TRAVAIL INDUSTRIEL



TROIS FILMS RELATIFS A L'AJUSTAGE D'UNE MACHINE-OUTIL

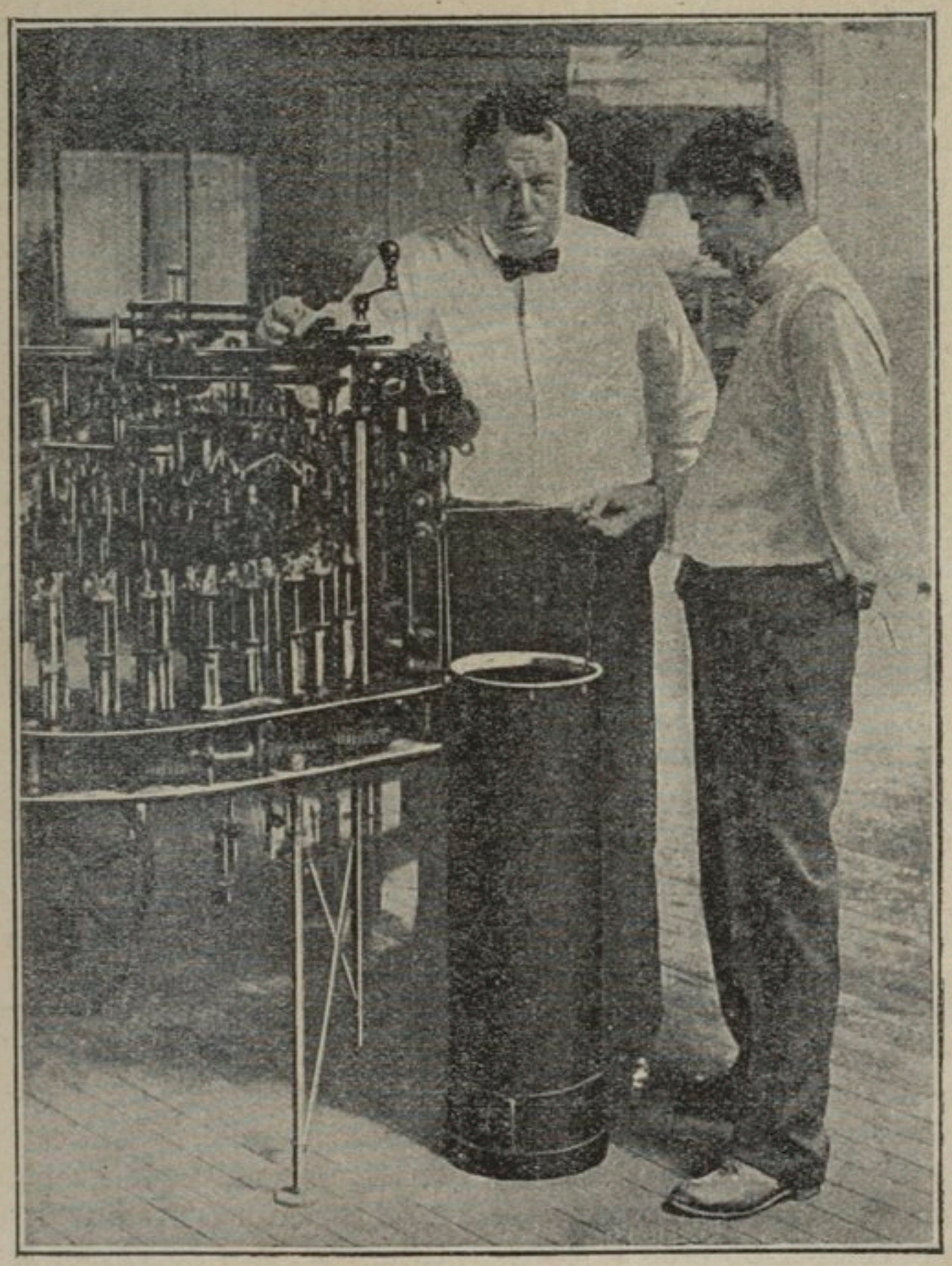
En face du monteur, se trouve un cadre muni de crochets numérotés auxquels sont suspendues les pièces. L'homme prend celles-ci dans l'ordre indiqué et évite ainsi tous mouvements superflus.

LE TRAVAIL INDUSTRIEL SIMPLIFIÉ GRACE AU CINÉMATOGRAPHE ET AU CHRONOMÈTRE

par Frédéric BALESTAT

On sait qu'à la suite de nombreuses enquêtes et de multiples expériences, poursuivies durant un quart de siècle dans les usines américaines, l'ingénieur Frédéric-W. Taylor crut pouvoir formuler les lois générales de l'organisation scientifique du travail industriel. Son système, — dont d'éminents techniciens exagéraient la portée, tandis que des sociologues le critiquaient sans mesure — vise à accroître la production, tout en limitant les efforts des ouvriers aux mouvements strictement indispensables à l'accomplissement de leur besogne quotidienne.

Taylor détermine le temps minimum nécessaire pour mener à bien une tâche définie, au moyen du chronométrage. Il prend une quinzaine de travailleurs entraînés, provenant de fabriques différentes, et, montre en main, il étudie la série des opérations que chacun d'eux effectue pour réaliser une pièce, puis, après élimination des mouvements lents ou inutiles, il groupe la succession des gestes les plus rapides et les plus efficaces, afin d'en déduire les modalités les mieux appropriées à la fabrication de cet objet. Le *Taylorisme*, en définitive, fait intervenir la science là où, jusqu'à présent, la fantaisie individuelle se donnait libre cours. Aussi, on a obtenu, grâce à lui, des résultats pratiques intéressants. Par exemple, des manœuvres qui manipulaient seulement 12 à 15 tonnes de gueuses de fonte par jour ont, en adoptant les gestes et le rythme indiqués par le chronométrage, vu leur puissance de travail s'élever quotidiennement à 47 ou 48 tonnes.

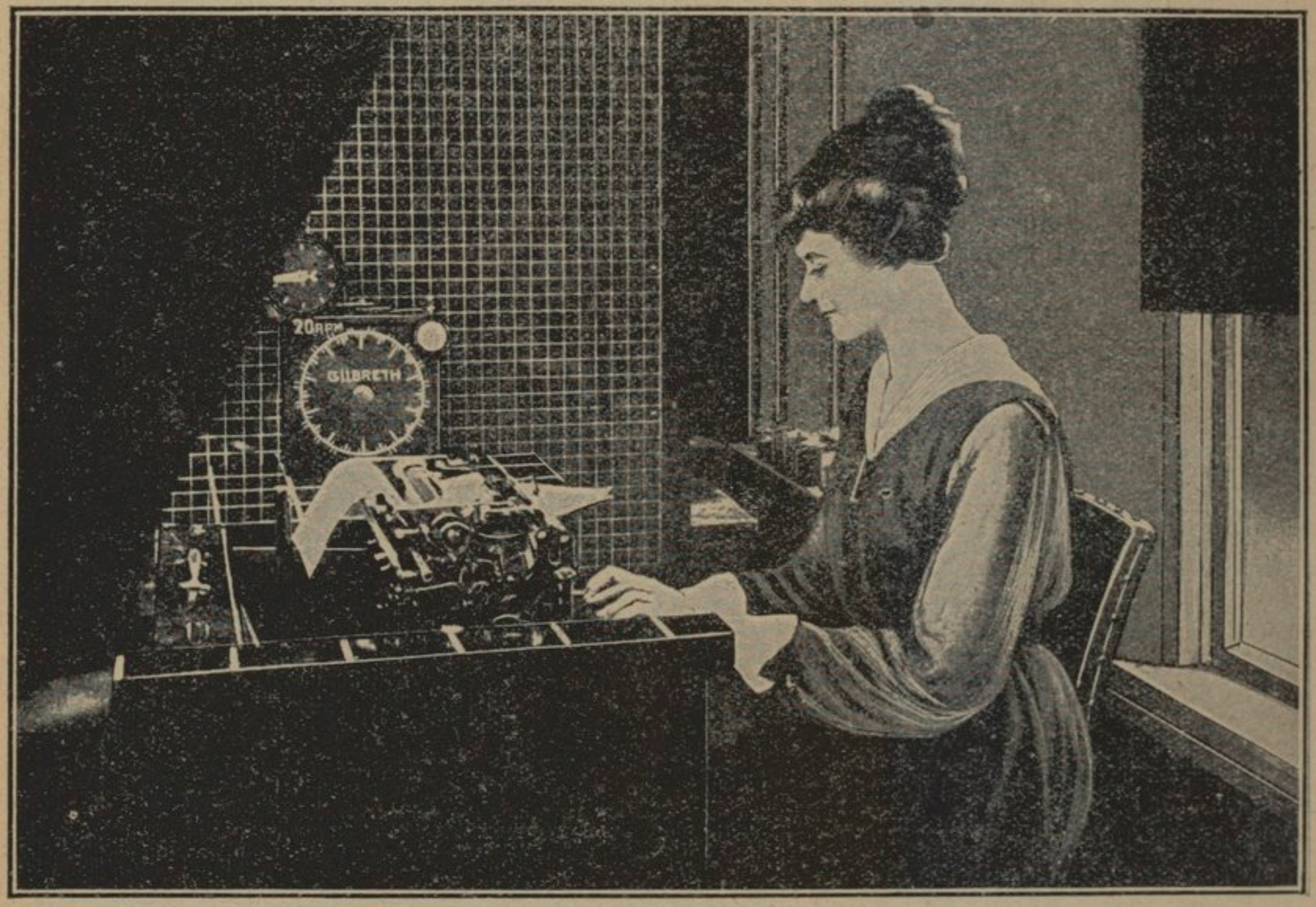


L'INGÉNIEUR GILBRETH (DE FACE) ET SON AIDE EN TRAIN D'ÉTUDIER LE FONCTIONNEMENT D'UNE MACHINE

La conduite des machines-outils fut plus compliquée à étudier, et Taylor mit dix ans à résoudre ce problème, qui ne comprend pas moins de douze variables : vitesse à adopter, angle de coupe, position de l'homme, etc. Une fois en possession des données expéri-

mentales acquises au cours de ses recherches, l'habile ingénieur établit des barêmes qui permettent de trouver rapidement une solution particulière, qu'il s'agisse d'une fraiseuse ou d'un tour, d'une embobineuse, d'une perceuse ou d'une taraudeuse. Au lieu de s'en remettre, comme jadis, à la sagacité du conducteur de la machine, le chronométreur n'a plus qu'à dire : « Mets telle avance, emploie tel outil et fais tel geste; au lieu d'usiner 3 pignons à l'heure, tu en tailleras 30 dans le même temps et sans plus de fatigue. » L'application de cette méthode amène donc un accroissement considérable du rendement qui se traduit naturellement par une augmentation correspondante de salaires.

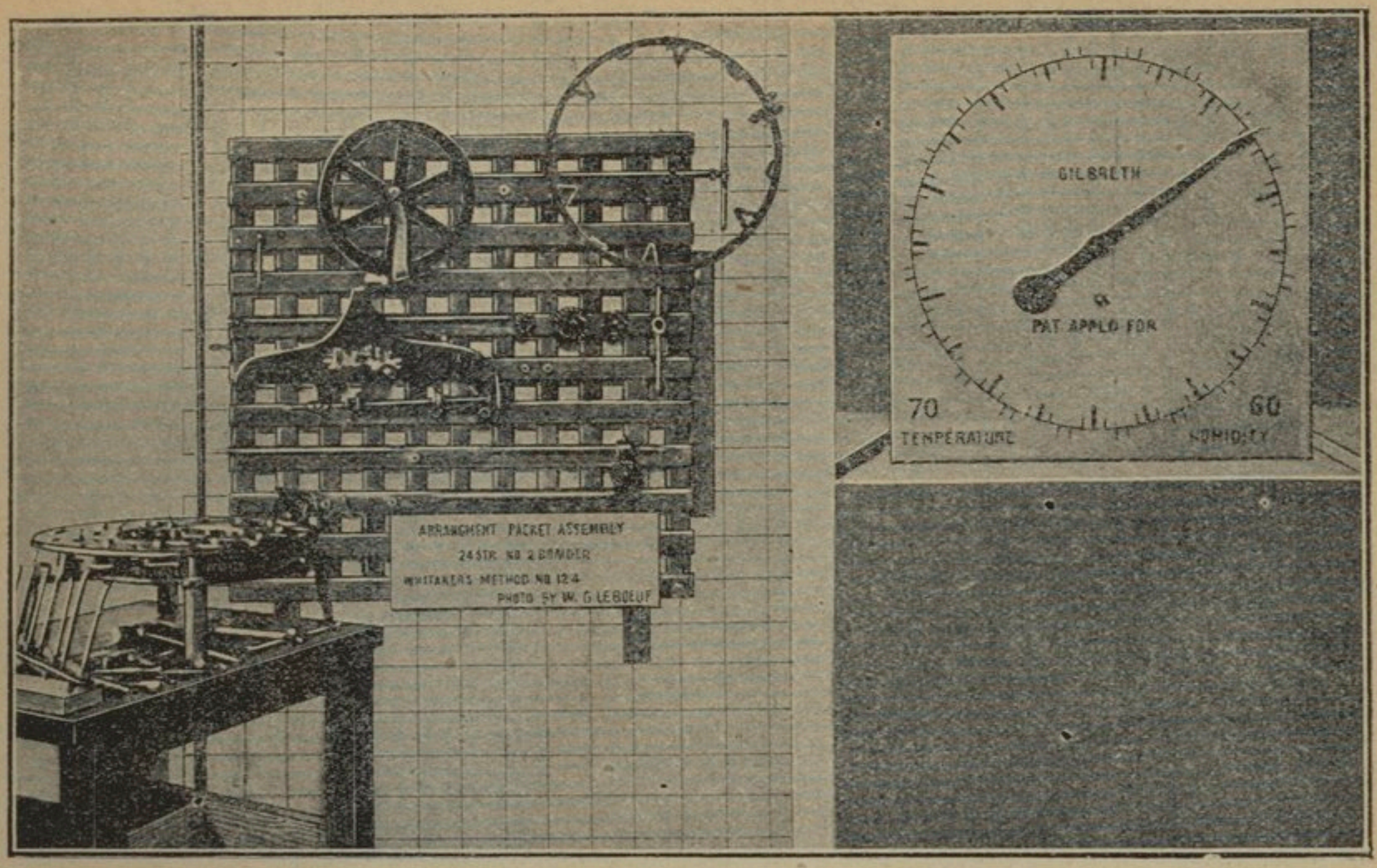
D'ailleurs, l'idée de mesurer les gestes d'un ouvrier, pour déterminer la valeur de son travail, ne date pas d'hier. Comme le constate justement J.-M. Lahy dans un récent ouvrage sur *Le système Taylor* (1916), plusieurs savants français avaient précédé l'innovateur yankee. Vauban, le premier, imagina de régulariser la paye des ouvriers employés au charroi des terres dans la construction des fortifications. Un règlement, établi pour fixer le prix que les entrepreneurs devaient payer aux soldats chargés des terrassements du génie, en Alsace, ayant amené des réclamations, le grand ingénieur militaire s'efforça de trancher le différend. Il institua des expériences afin de fixer le rendement en fonction de la charge transportée et de la distance parcourue. De son côté, Belidor, dans son *Architecture hydraulique* (1750) fixa, avec une remarquable préci-



ÉTUDE DES MOUVEMENTS D'UNE DACTYLOGRAPHE TRÈS EXPERTE

Derrière la machine à écrire on remarque l'horloge de Gilbreth, qui sert au chronométrage des gestes, et l'écran quadrillé utilisé comme fond pour la prise des vues cinématographiques.

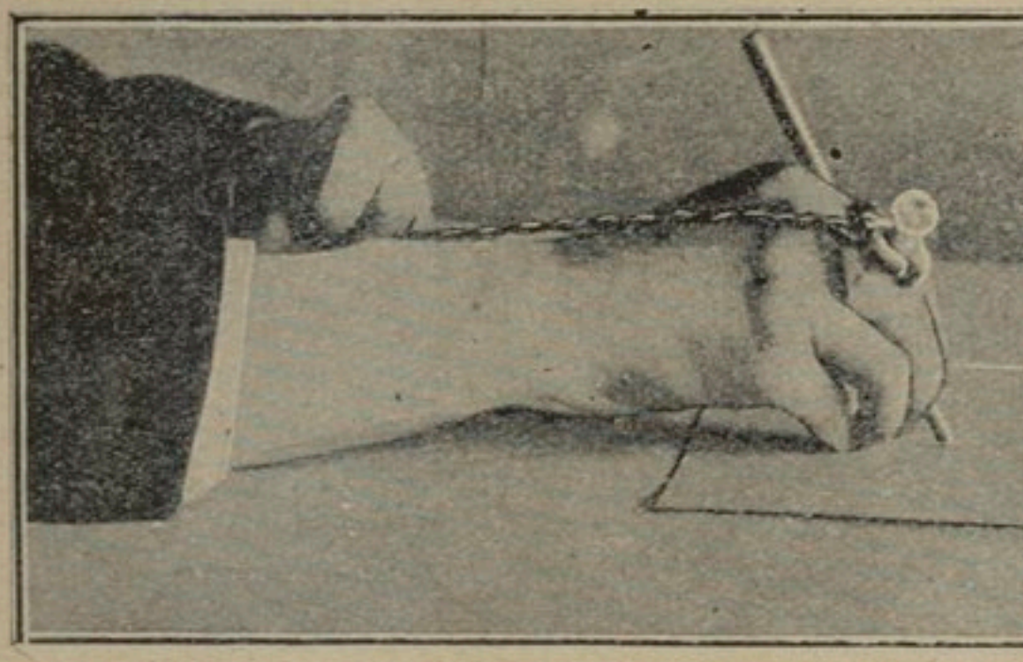
sion, le temps des diverses opérations nécessaires pour l'enfoncement des pilotis. Plus près de nous, l'invention de la chronophotographie (1885) permit au physiologiste Marey d'analyser les gestes humains d'abord dans la marche, le saut et la course. Il étendit ensuite sa méthode graphique à l'étude des mouvements dans l'activité professionnelle, trouvant, par exemple, le moyen d'inscrire photographiquement le travail dépensé à chaque coup de rabot ou de scie du menuisier. Dans le même laboratoire du Parc des Princes, à Boulogne-sur-Seine, M. Frémont, dès 1894, étudia par ce procédé le travail du forgeron ; il prit des vues cinématographiques représentant le frappeur martelant



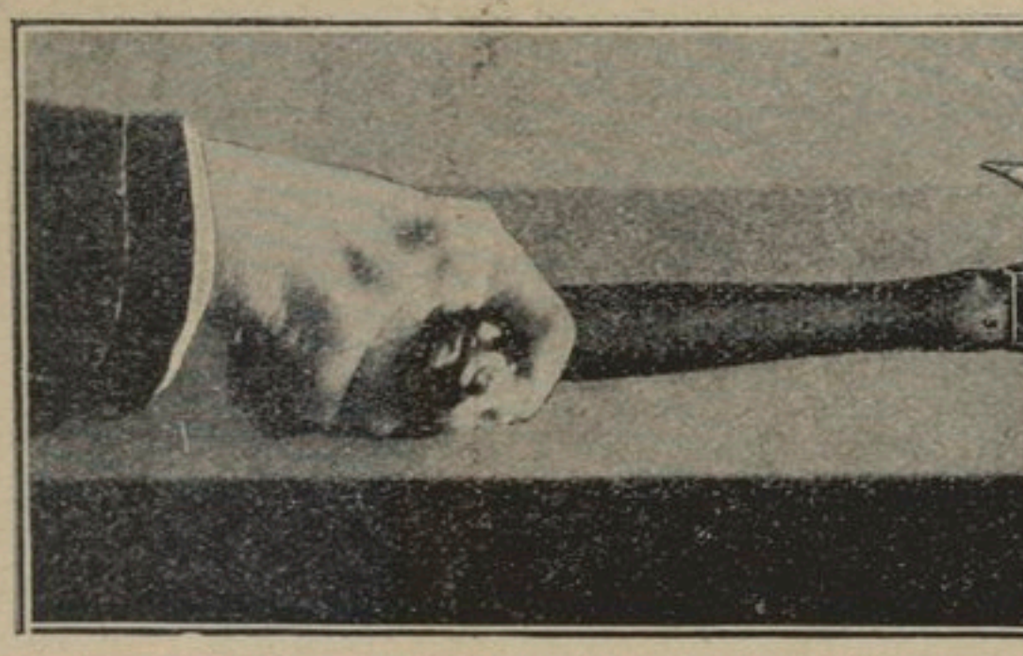
A DROITE : HORLOGE DE GILBRETH ; A GAUCHE : PANNEAU FORMÉ DE LATTES EN BOIS ET MUNI DE CROCHETS NUMÉROTÉS SERVANT A ACCROCHER LES PIÈCES A AJUSTER

Le monteur doit prendre ces pièces dans l'ordre indiqué par l'instruction qu'on lui donne.

soit directement « à devant », soit « à la volée ». Malheureusement, les collaborateurs de Marey ne reçurent pas beaucoup d'encouragements dans notre pays ; les industriels français ne tirèrent pas de ces recherches scientifiques les conséquences qui en découlent pratiquement et W. Taylor semble les avoir ignorées, puisque ses investigations, réduites au chronométrage, se bornent à étudier la durée des



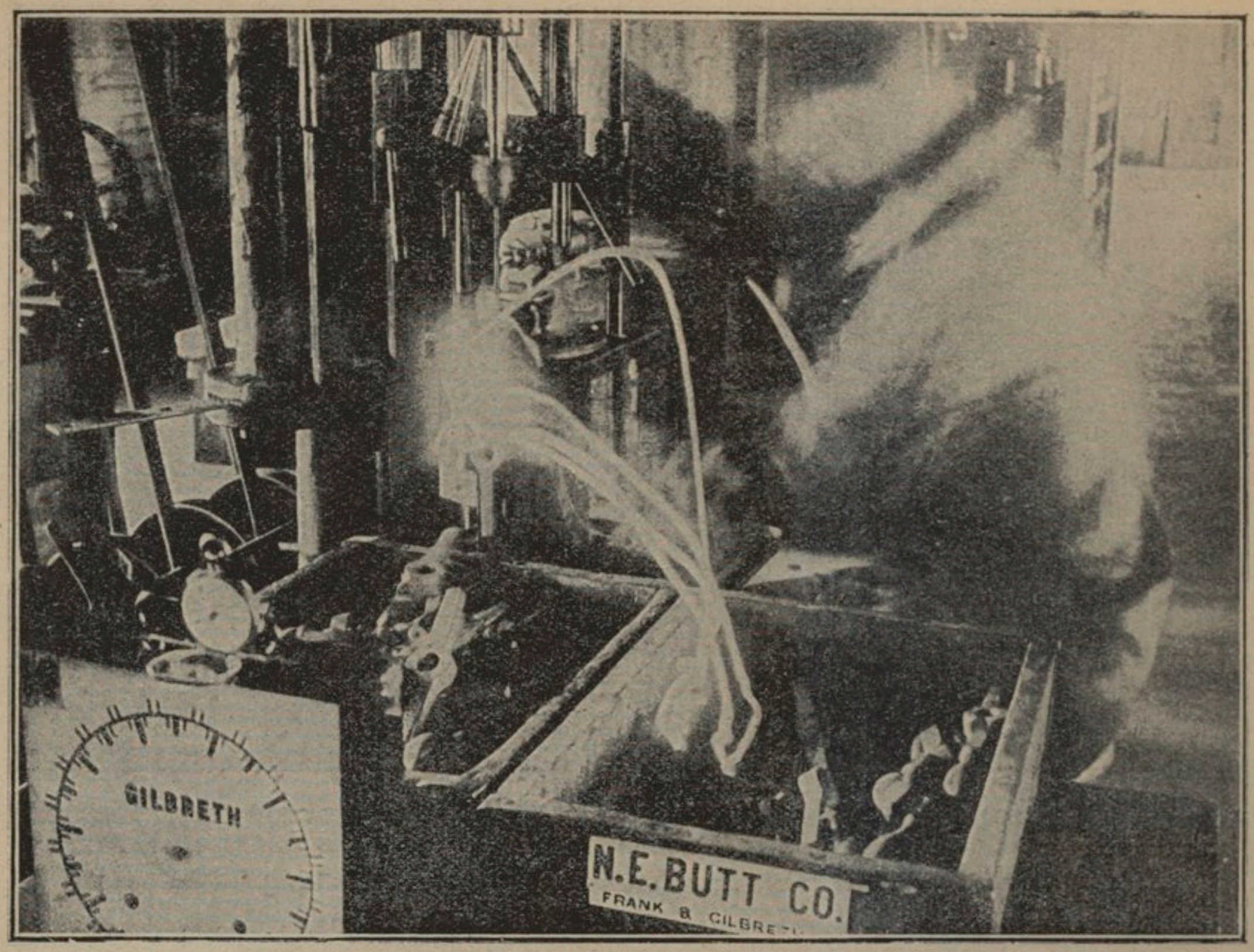
FIXATION D'UNE PETITE LAMPE ÉLECTRIQUE A LA MAIN POUR L'ÉTUDE DES MOUVEMENTS DE L'ÉCRITURE



PETITE LAMPE ÉLECTRIQUE DISPOSÉE SUR LE MÉDIUS DE LA MAIN DROITE D'UN MENUISIER ENFONÇANT UN CLOU

gestes humains dans les professions laissant peu de part à l'initiative du travailleur (manutention du minerai, des gueuses de fonte, terrassiers, maçons, etc.), durée qu'il suffit de réduire pour voir augmenter aussitôt le rendement.

Insuffisamment documenté, il utilisa un simple chronomètre à secondes, pour ses expériences, et il était réservé à un de ses disciples, Frank B. Gilbreth, « officieney engineer » chargé de réorganiser les



CYCLOGRAPHE DE LA MAIN GAUCHE D'UN OUVRIER ENCORE INEXPÉRIMENTÉ TRAVAILLANT A LA MACHINE A PERCER

En attachant une petite lampe électrique à l'un des doigts du travailleur, on conserve la trace lumineuse de ses moindres mouvements sur le film.

usines de la New England Butt Compagny, de Providence (Etats-Unis), de se souvenir des travaux de Marey et de s'adjoindre le cinématographe pour étudier les mouvements dans de nombreuses professions. Cet habile technicien cinématographie un bon ouvrier travaillant à toute allure et, pour fixer avec une exactitude absolue la durée des mouvements élémentaires, il photographie en même temps que son sujet une aiguille marchant sur un cadran et qui marque, selon sa vitesse, des fractions de seconde.

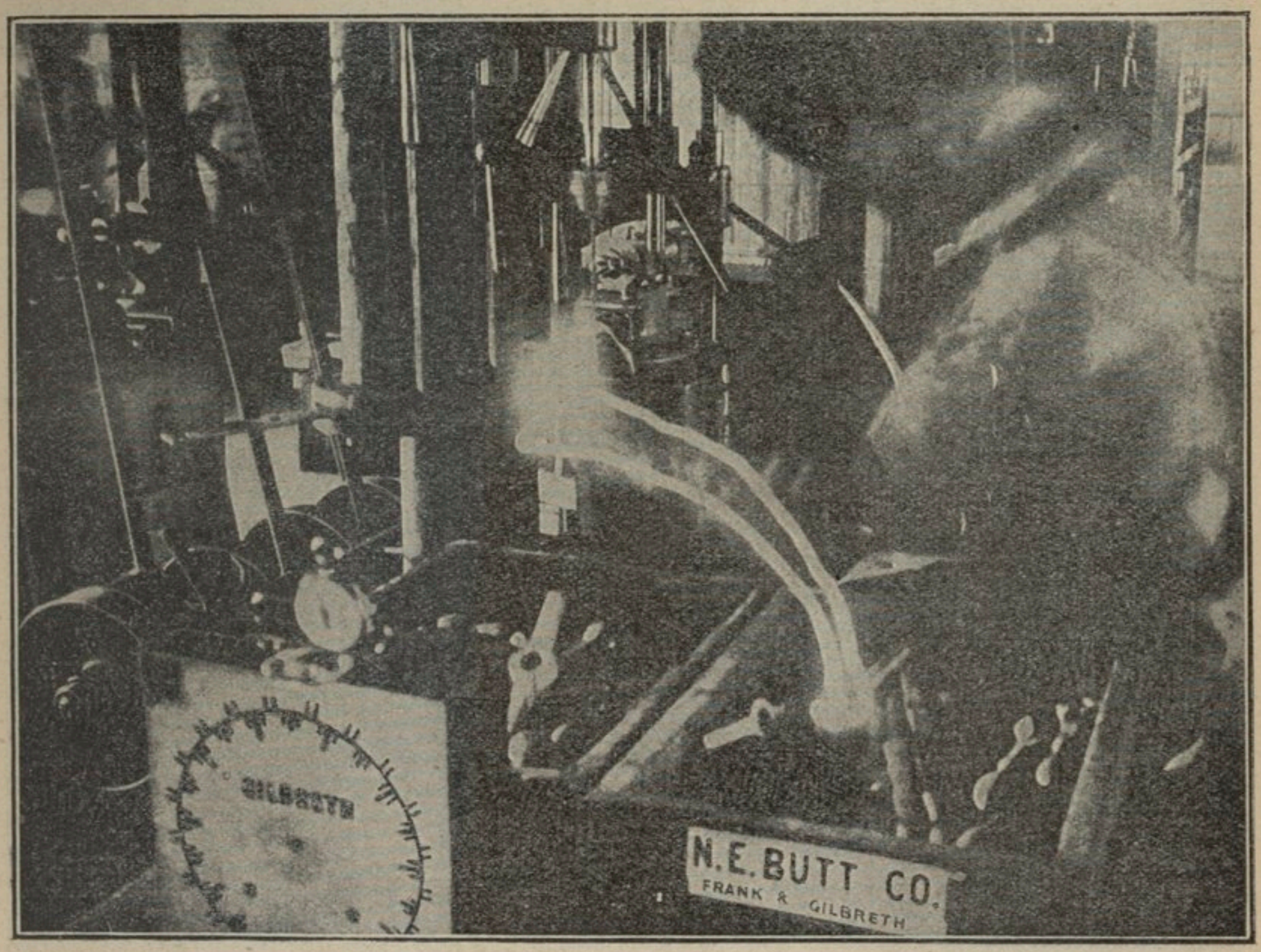
En définitive, Taylor et Gilbreth se servirent, pour étudier la durée des mouvements, non des méthodes déjà en usage dans les laboratoires scientifiques de France, ils perfectionnèrent seulement les procédés utilisés depuis longtemps dans l'industrie pour la fixation des salaires. S'agit-il, par exemple, de connaître exactement le temps nécessaire pour réaliser une pièce métallurgique nouvelle? Un contremaître détermine, par le chronométrage, la durée de l'usinage du travail considéré. On obtient ainsi une approximation suffisante dans la pratique, tout en laissant à l'ouvrier une certaine liberté pour exécuter sa besogne. Taylor alla cependant plus loin. Au lieu de mesurer le temps global nécessaire pour effectuer un travail donné, il décomposa ce dernier en mouvements élémentaires utiles, chronométrés individuellement et dont le total fournit le temps réel qu'on doit accorder à l'ouvrier. On réalise, de la sorte, une remarquable économie de temps dans le travail, sous la réserve toutefois que l'on considère seulement des occupations purement manuelles.

Gilbreth utilisa donc le cinématographe pour éliminer les manipulations superflues. Afin d'examiner les différentes phases du mouvement dans leur succession, il place à côté de l'ouvrier une horloge de contrôle, dont l'aiguille exécute en six secondes le tour du cadran (divisé lui-même en millième de minute). L'image de ce chronomètre, qui se reproduit toujours à côté de l'ouvrier, permet d'apprécier à 1/2.000e de minute près l'intervalle de temps séparant deux images consé-

cutives. L'ingénieur examine, à la loupe ou au microscope, la pellicule impressionnée pour éliminer les gestes inutiles et simplifier le plus possible la fabrication. Alors il prend une série de vues cinématographiques des opérations méthodiquement perfectionnées, il les projette ensuite sur l'écran et les donne comme modèles aux apprentis ou aux hommes nouvellement embauchés.

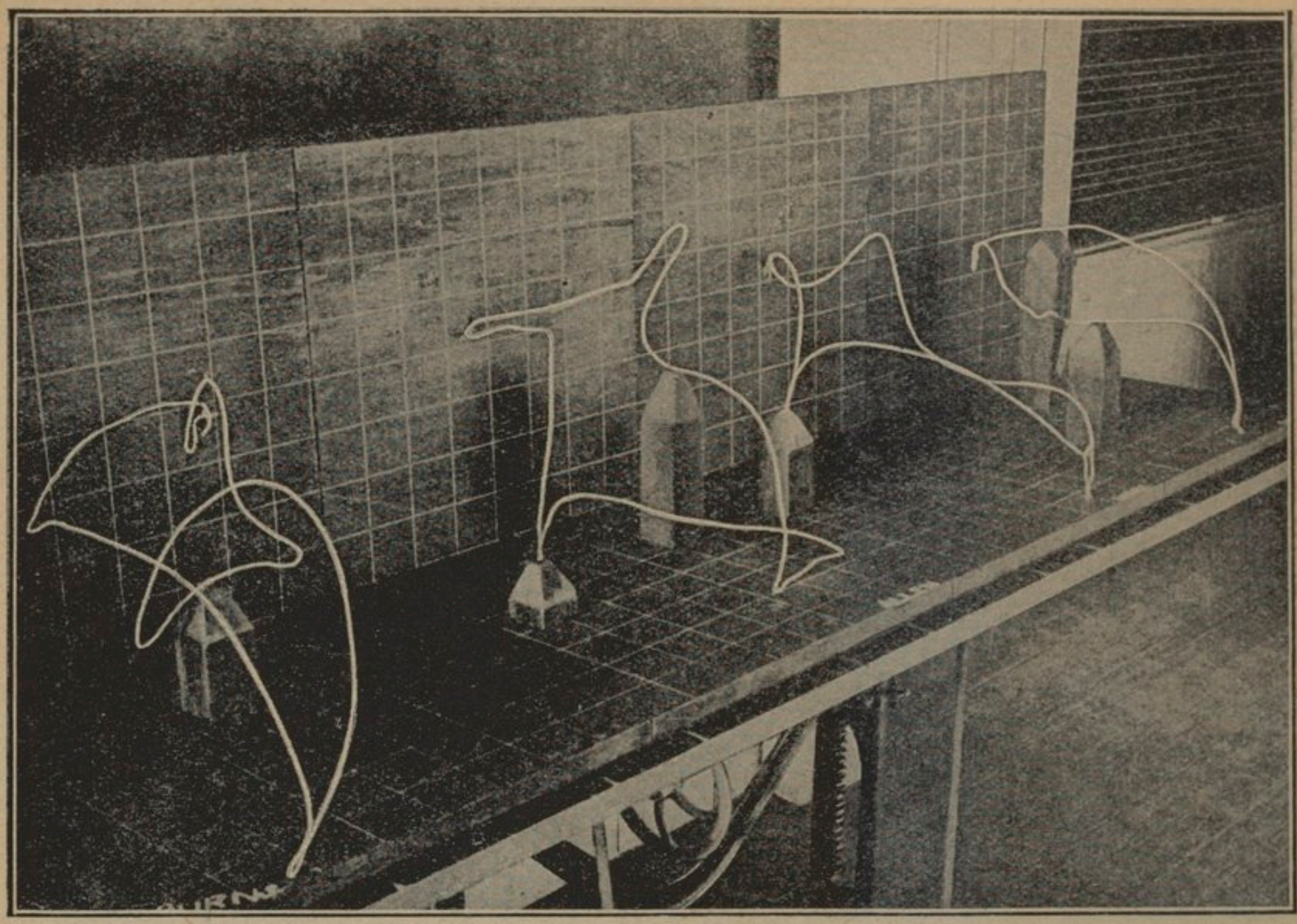
Avant ces études cinématographiques, les ouvriers ajustaient une machine à tresser en 37 minutes et demie, et, aujourd'hui, on a pu réduire à 8 minutes et demie le temps nécessaire pour ce travail. Comment cette économie saisissante a-t-elle pu être réalisée ? Jadis un manœuvre apportait les différentes pièces de la machine et les mettait sur une table près du monteur qui, après avoir installé l bâti, les choisissait l'une après l'autre. Or, maintenant que le cinématographe lui a révélé les gestes superflus, M. Gilbreth utilise un dispositif qui lui permet de les supprimer et d'éviter, par suite, des pertes de temps. En face ou à côté du monteur, il place un panneau formé de lattes en bois et muni de crochets. Chacun de ceux-ci porte un numéro d'ordre et sur chaque pièce à monter est inscrit un numéro correspondant. Alors, au lieu de jeter les pièces pêle-mêle sur la table, l'aide les accroche aux emplacements numérotés du cadre, de façon à ce qu'elles soient à portée de la main de son camarade, qui évite ainsi tout mouvement inutile. De son côté, le monteur reçoit une carte avec des instructions détaillées lui indiquant la nature et l'ordre des différentes manipulations qu'il doit effectuer.

Le rendement d'une nouvelle machine s'effectuera d'une façon identique. Le directeur de l'usine la fera cinématographier en marche, et l'examen des films lui permettra de se rendre compte de son fonctionnement et de sa valeur en toute connaissance de cause. Par la même méthode graphique, Gilbreth analysa les mouvements professionnels les plus divers et arriva à des conclusions pratiques, hasardées peut-être mais intéressantes à discuter. Examinons d'abord

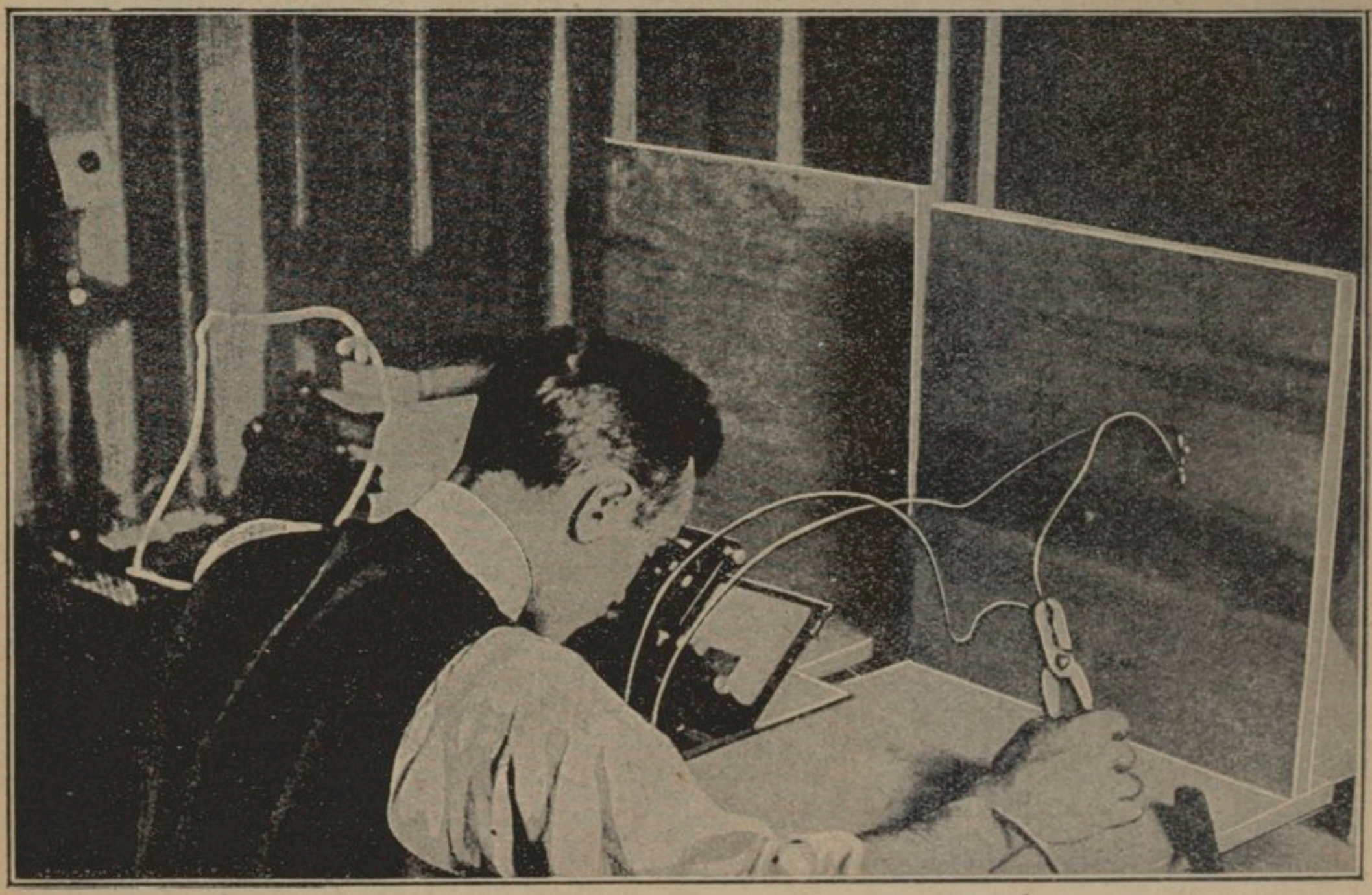


CYCLOGRAPHE DE LA MAIN GAUCHE D'UN OUVRIER EXTRÊMEMENT HABILE TRAVAILLANT A LA MÊME MACHINE A PERCER

La trace lumineuse, très visible et très nette laissée sur le film, montre à quel degré de simplification en sont arrivés les gestes du travailleur.



MODÈLES DE MOUVEMENTS TYPES RATIONNELS DANS L'EXÉCUTION DE DIVERS TRAVAUX

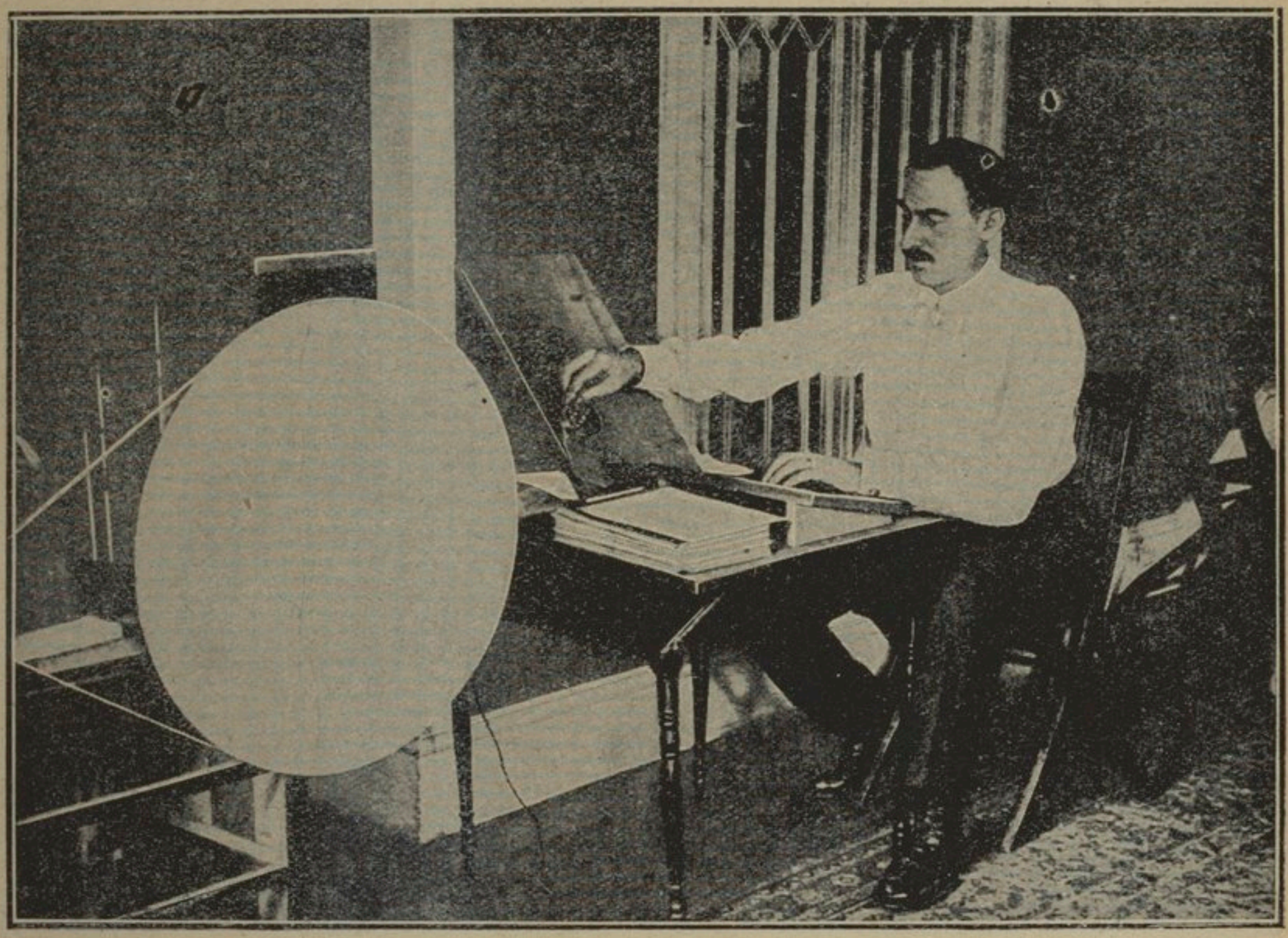


RÉALISATION D'UN MODÈLE DE COURBE REPRODUISANT LA TRACE, LAISSÉE SUR LA PELLICULE PHOTOGRAPHIQUE, DES IMAGES SUCCESSIVES DE LA PETITE LAMPE ÉLECTRIQUE TÉMOIN IRRÉCUSABLE DES GESTES DE SON PORTEUR

avec lui les gestes nécessaires à la *pose des briques*. Avec les anciens procédés, ils étaient au nombre de dix-huit ; grâce à certaines modifications et transformations très simples d'outillage, il a pu les réduire à cinq. Après avoir déterminé la hauteur la plus favorable pour l'auge à mortier et pour les briques, il fit construire un échafaudage mobile portant une table sur laquelle l'aide disposait les briques. A mesure que le mur s'élevait, un manœuvre haussait l'échafaudage à la hauteur voulue, de façon que le poseur n'avait besoin ni de se baisser ni de se relever pour prendre une brique, du mortier ou du plâtre. De plus, les briques, au lieu d'être déchargées pêle-mêle, étaient soigneusement triées et empilées, dès leur arrivée au chantier, sur un châssis en bois, de manière à présenter leur meilleur bord. Un manœuvre mettait ensuite ce châssis à portée du maçon sur l'échafaudage et près de l'auge à mortier ; en sorte que celui-ci n'avait simplement qu'à étendre la main pour prendre les briques sans avoir besoin de les retourner ou les examiner en tous sens, avant de les poser.

Au cours de sa carrière, Gilbreth se montra souvent un véritable « magicien » capable de diminuer les dépenses de fabrication, tout en augmentant la production. Ses longues et minutieuses observations faites dans les milieux industriels les plus divers l'amenèrent à formuler cet aphorisme : « La virtuosité dans une profession s'acquiert en apprenant les mouvements fondamentaux nécessaires pour l'exercer et en les accomplissant rapidement. » L'élimination des gestes inutiles est, en effet, plus importante que le coût d'un apprentissage lent et méthodique, car le temps d'un travailleur expérimenté a beaucoup plus de valeur que les matériaux qu'il gaspille pour acquérir son habileté.

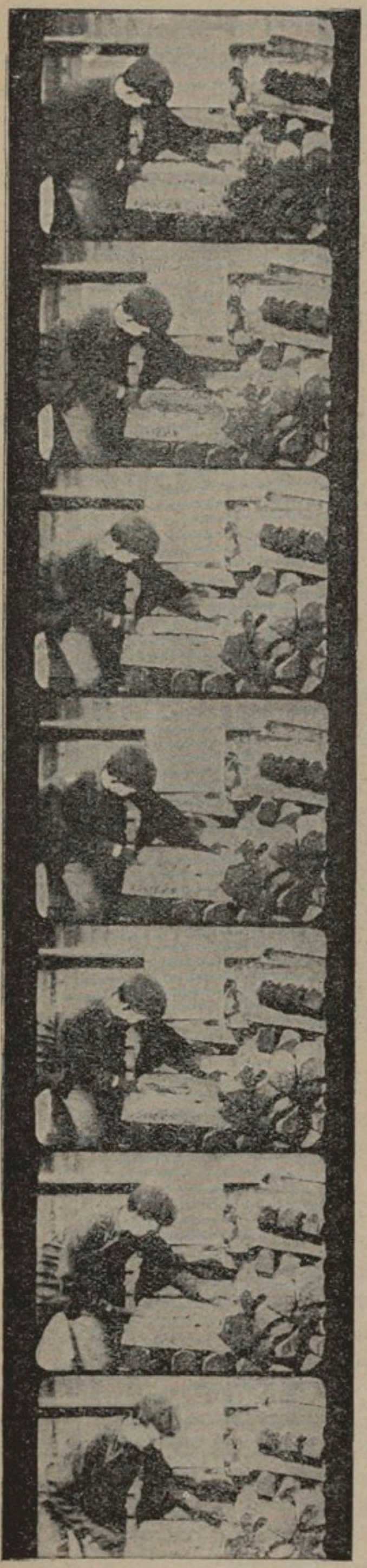
Récemment, M. Gilbreth a imaginé de diminuer les dépenses de sa méthode graphique en construisant un cinématographe qui prend seize images sur le même espace où il s'en peint une seule dans les appareils ordinaires. On n'a donc à développer qu'une bobine au lieu de seize, mais il faut la dérouler seize fois pour l'impressionner en totalité. En outre, Gilbreth dispose derrière la scène



L'AUTOSTÉRÉOCHRONOCYCLOGRAPHE DE L'AMÉRICAIN GILBRETH

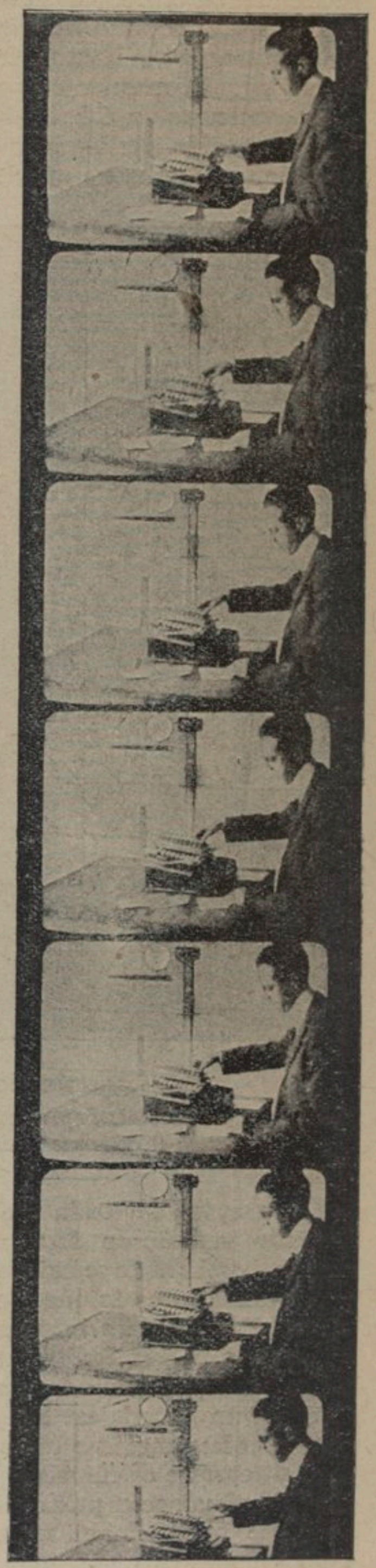
Grâce à cet appareil, l'opérateur prend sa propre photographie ainsi qu'un tracé convenable de ses gestes ; il actionne le dispositif automatique en tournant un simple bouton électrique.

à filmer un fond quadrillé qu'il photographie au moyen de son cinématographe, puis, retournant sa pellicule, il prend sur le même film l'opération à étudier, et comme le corps de l'ouvrier, qui se détache sur l'écran, occupe une position différente sur chaque image, connaissant la longueur et la largeur des carrés, on peut en déduire la durée des mouvements du travailleur,



FILM REPRÉSENTANT LA MISE EN TAS DE MORCEAUX DE BOIS

Mais quelque intéressant que soit le film du travail professionnel, il ne fournit qu'une image imparfaite des différents mouvements élémentaires d'une opération. Aussi, Gilbreth, pour mieux conserver la série des gestes d'un travailleur, attacha une *petite lampe électrique* à la main ou à toute autre partie du corps dont il voulait étudier les déplacements. Ainsi la trace des mouvements dans l'accomplissement d'une opération se distingue nettement sur la pellicule cinématographique, par une ligne lumineuse. Et même, en photographiant, à l'aide d'une chambre stéréoscopique, on se rend compte du mouvement sous les trois dimensions : longueur, largeur et profondeur. Pour chronométrer la durée du geste, on met un interrupteur dans le circuit lumineux; alors, au lieu d'une ligne régulière, on obtient une série de points lumineux qui se peignent, à intervalles réguliers, sur le film. Comme on connaît, d'autre part, le nombre d'éclats par seconde, on peut en déduire aisément la vitesse du travail et le temps employé à son accomplissement. D'autre part, l'enregistrement de la direction des mouvements s'opère au moyen de l'électricité elle-même. Par un allumage rapide et une lente extinction de la lampe, les taches lumineuses s'assombrissent sur le devant et s'intensifient en arrière, indiquant



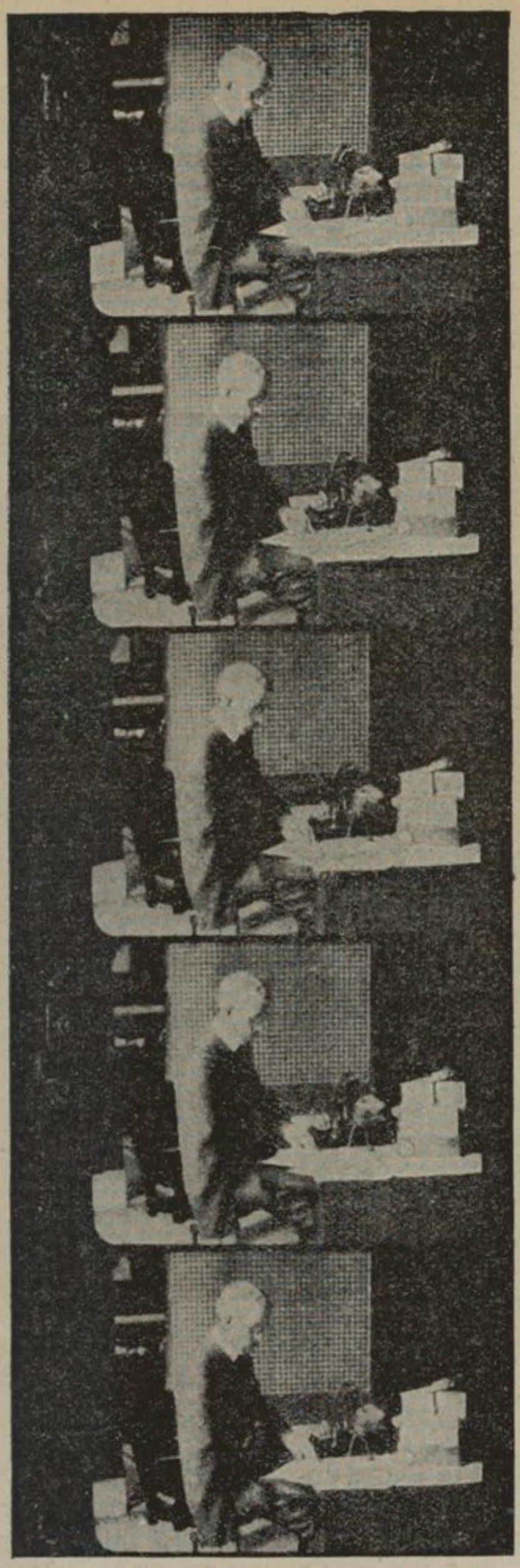
ÉTUDE CINÉMATOGRAPHIQUE D'UNE MACHINE A CALCULER

la direction beaucoup mieux que ne le ferait la traditionnelle flèche.

Pour examiner convenablement la traînée lumineuse d'un mouvement professionnel (dactylographe ou joueur de golf, amputé, pianiste ou manœuvre en train de gerber des morceaux de bois), M. Gilbreth s'adresse au stéréoscope. Mais quand il s'agit de projeter un cl film devant un auditoire et vu la dépense que nécessiterait la distribution d'un appareil stéréoscopique à chaque assistant, Gilbreth tourne la difficulté de la manière suivante. En regardant à travers le stéréoscope l'impression lumineuse d'un mouvement, il réalise, en tordant des fils métalliques, un modèle qui reproduit d'une façon tangible la forme exacte de la dite courbe tracée sur la pellicule par le images successives de la petite lampe électrique, irrécusable témoin des gestes de son porteur.

Ces modèles sont généralement peints en blanc et on indique la vitesse et la direction du mouvement par des tons allant du gris au noir et ressemblant autant que possible aux taches lumineuses de l'original. Une fois achevé, on dispose la pièce sur un fond noir portant des lignes blanches analogues au quadrillage de l'écran primitif. Ces modèles aident l'expert mécanicien dans ses recherches d'organisation professionnelle, comme l'audition d'un phonographe peut guider, à l'occasion, un amateur de musique.

De même, dans certains cas, un directeur d'usine désire déterminer par lui-même le nombre exact de mouvements nécessaires pour accomplir un certain travail. En ce cas, il se sert de l'*autostéréochronocyclographe*, appareil qui, malgré son nom à allure allemande et compliqué, est des plus simples. Un dispositif automatique, actionné par un bouton électrique, lui permet de prendre sa propre photographie ainsi qu'un tracé convenable de ses gestes successifs.



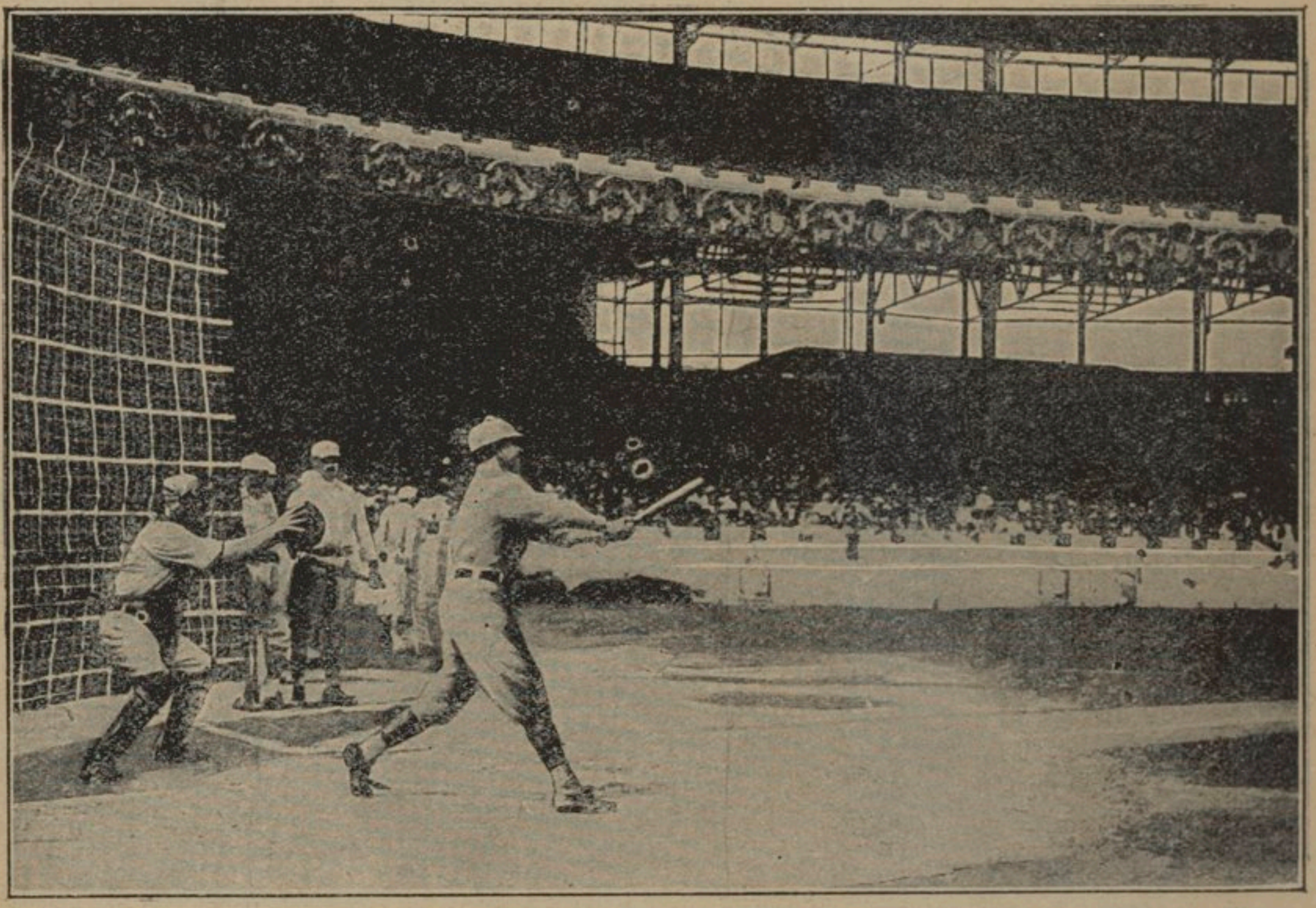
CHRONOMÉTRAGE CINÉMATOGRAPHIQUE DES MOUVEMENTS D'UN AMPUTÉ OCCUPÉ A CLASSER DES PAPIERS

De toutes ces expériences, de tous ces appareils ingénieux qu'il s'attache sans cesse à perfectionner, Gilbreth croit pouvoir conclure que, dans n'importe quel champ de l'activité humaine, la virtuosité réside dans l'application de deux grandes lois : l'économie de l'effort et le rythme du mouvement. Ces conclusions nous semblent un peu aventurées, ou tout au moins trop générales. Si elles se rapprochent de la vérité pour des métiers où la force musculaire intervient seule, elles paraissent s'en éloigner beaucoup dans le cas d'occupations où le cerveau l'emporte sur le bras. Il y a lieu alors de s'inquiéter des données psycho-physiologiques qui règlent l'utilisation hygiénique du moteur humain. Le chronométrage méticuleux les laisse, en effet, dans l'ombre en contraignant l'ouvrier à un travail efficace continu, autrement dit en supprimant les repos intercalaires. Or, l'influence de cette continuité de l'attention ou de l'effort physique varie avec la besogne à accomplir.

L'ouvrier qui surveille une raboteuse peut, la plupart du temps, diriger deux machines, en raison de la lenteur du travail, et l'effort demandé à son attention est peu élevé. Au contraire, la fatigue se fait énormément sentir quand il s'agit de conduire une perceuse. Si nous détaillons les opérations nécessitées par le perçage, nous nous en rendrons compte

aisément. En quelques secondes, l'homme doit placer la pièce sur le plateau, disposer la mèche en regard du point à percer, la mettre en mouvement, suivre avec soin le vernier qui limite sa course, arrêter la perceuse et vérifier le travail avec un calibre. Nécessairement, cette succession de gestes et d'efforts d'attention nécessite une énorme dépense de forces qu'il faut réparer.

Ces considérations expliquent pourquoi beaucoup de travailleurs d'aujourd'hui ont



ÉTUDE CINÉMATOGRAPHIQUE D'UN JOUEUR DE GOLF RÉPUTÉ

On remarque, derrière le champion, un écran quadrillé servant à la fois de fond photographique et de fond chronométrique.

contre l'organisation scientifique des usines la même répugnance que leurs pères professaient jadis à l'égard du machinisme.

Quand une usine augmente son rendement, elle diminue son prix de revient, et, par conséquent, vend meilleur marché. Sa clientèle s'en trouve accrue dans des proportions telles que, bien loin de renvoyer des ouvriers, elle doit en prendre de nouveaux. Cela est vrai de toutes les industries, depuis la cordonnerie jusqu'à l'horlogerie et aux fabriques de produits chimiques.

L'établissement d'un salaire aux pièces crée, dit-on, une inégalité. Dans notre cas, cette dernière sera moindre que partout ailleurs, puisque le système Taylor-Gilbreth tend justement à rendre les besognes si machinales que n'importe qui pourra faire aussi bien que le chronométreur. En admettant que certains travailleurs, moins bien doués par la nature, n'arrivent pas à élever leurs gains, ceux-ci resteront au moins égaux à ce qu'ils étaient auparavant.

L'utopique rêve de la machine, devenue esclave de l'intelligence, ne se réalisera que si l'ouvrier apprend à la conduire systématiquement. Les ingénieurs doivent chercher à perfectionner l'outillage en même temps que découvrir les méthodes les plus rapides et les plus sûres d'exercer l'effort humain. Le chronométrage les y aidera. On sait depuis longtemps que, dans l'usine, l'homme abandonné à son seul instinct se fatigue inutilement, et on recherche les moyens d'empêcher cette déperdition de force.

D'autre part, la production mondiale, loin d'être diminuée, augmentera, et pourtant l'on travaillera moins. Puissent, après notre victoire et dans le calme d'une paix acquise au prix de tant de douleurs, les heures ainsi arrachées au travail devenir les vacances d'une humanité régénérée !

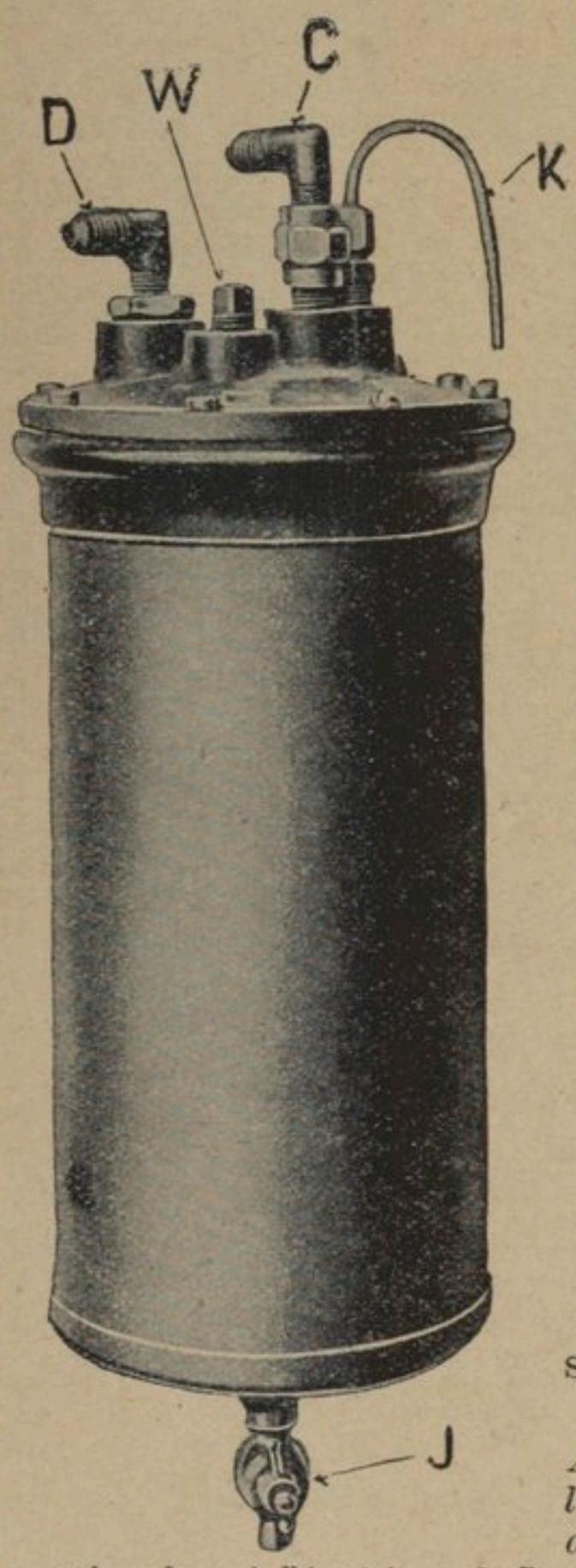
FRÉDÉRIC BALESTAT.

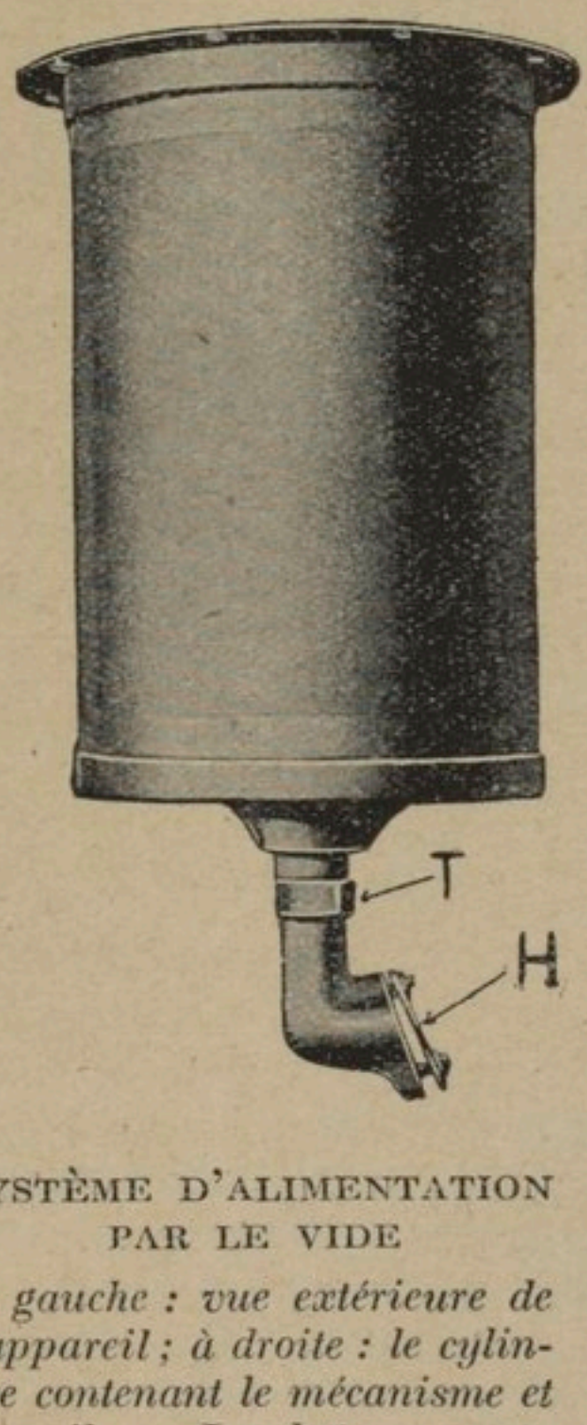
L'ALIMENTATION DES AUTOMOBILES EN ESSENCE

Par Pierre MEILLERAIE

De même que pour faire un civet il faut un lièvre, pour qu'un moteur à explosions fonctionne, il faut que l'essence arrive au carburateur. La disposition et l'emplacement du réservoir jouent donc un rôle très important dans le dessin d'une voiture automobile, et le choix de cet emplacement sera déterminé par différentes considérations que nous allons examiner.

Sur les premières voitures, il y a quelque vingt ans, les moteurs, qui ne comptaient encore que un ou deux cylindres, étaient petits consommateurs et ne nécessitaient pas de bien grands réservoirs. Une quinzaine de litres suffisaient pour parcourir 60 ou 70 kilomètres en trois ou quatre heures : c'était alors une très honorable étape. Le récipient, de capacité restreinte, trouvait sa place sur le garde-crotte, d'autant mieux qu'il se trouvait ainsi à portée d'alimenter à la fois le carburateur et les brûleurs, mode d'allumage dont la plupart des automobilistes d'aujourd'hui n'ont pas connu les douces joies, ce dont nous les félicitons.





SYSTÈME D'ALIMENTATION PAR LE VIDE

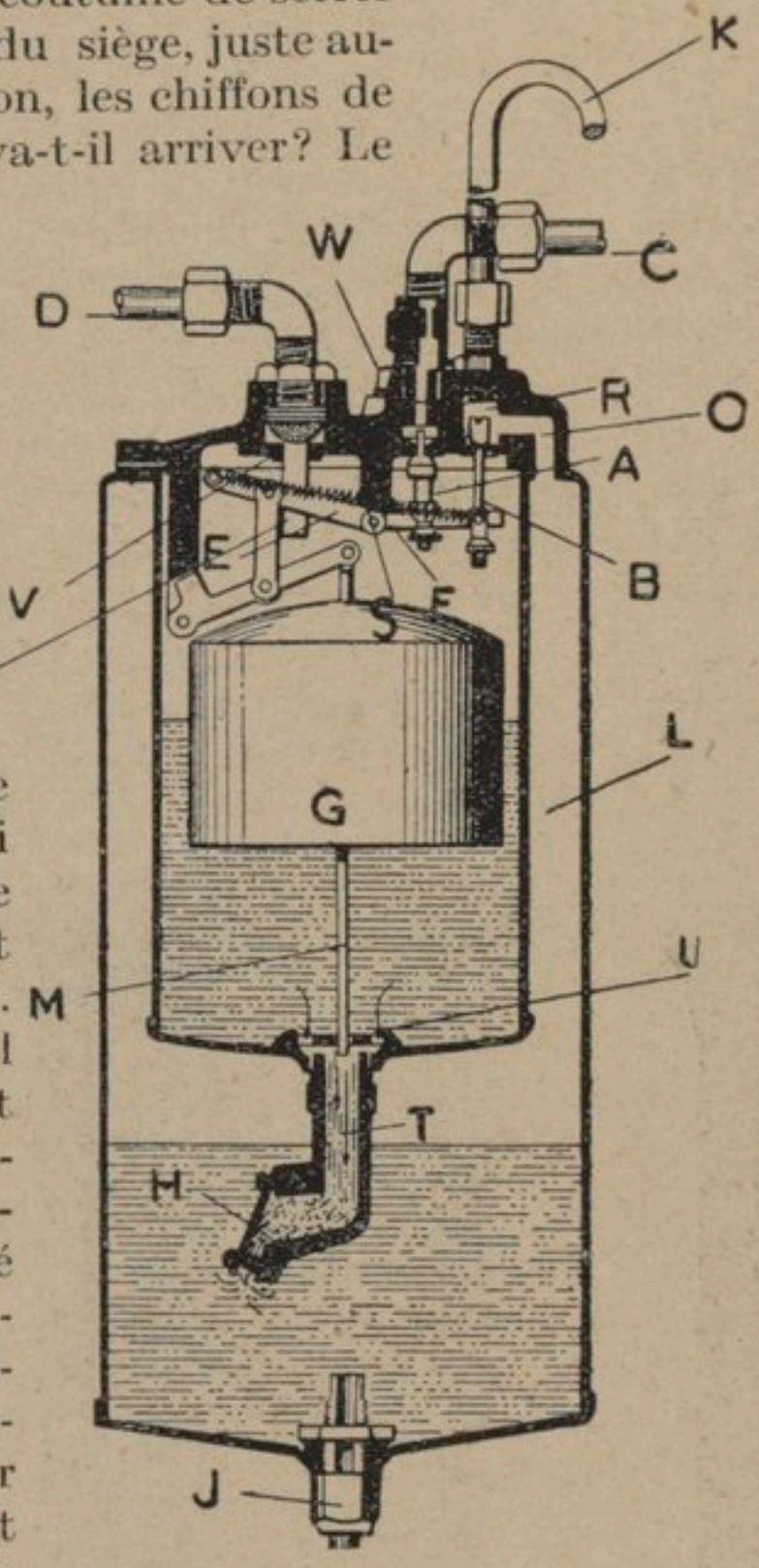
A gauche : vue extérieure de l'appareil ; à droite : le cylindre contenant le mécanisme et qui se loge à l'intérieur de l'appareil. — Les lettres correspondent à celles portées sur la figure schématique qu'on trouvera à la page suivante.

Beaucoup de constructeurs, maintenant encore, le fixent au même endroit, mais ils le dissimulent sous l'avant de la carrosserie de forme dite « Torpedo ». Assurément, cet emplacement paraît être le plus indiqué ; l'essence s'y trouve toujours en charge au-dessus du carburateur et son seul poids suffit pour l'y conduire. Mais cet avantage ne compense pas deux graves inconvénients : celui de la capacité d'abord, que les moteurs, plus puissants et plus voraces, ont obligé à augmenter ; la proximité, ensuite, de ce moteur, dont la chaleur extrême provoque une coûteuse évaporation de ce liquide volatil à un degré exceptionnel.

Pour obvier à ces deux ennuis, on dispose le réservoir sous le siège de devant. La place est, ici, moins mesurée et la chaleur moins grande ; mais ce n'est pas encore le rêve. Il faut déménager les accessoires divers, outillage, chambres à air, réserves d'huile et de graisse que ce coffre contenait, et leur trouver un autre logement. D'autre part, étant ainsi placé plus bas que sur le garde-crotte, il suffit que la voiture gravisse une côte un peu raide pour que le niveau de l'essence se trouve au-dessous du carburateur et que l'alimentation de ce dernier ne puisse plus avoir lieu.

Enfin, le réservoir sous le siège rend possible une panne dont beaucoup de chauffeurs ont été victimes et dont ils ont cherché longtemps la cause avant de la trouver :

l'essence n'arrivant plus subitement, sans raison apparente. Voici pourquoi : un réservoir hermétiquement clos ne laissera échapper le liquide qu'il contient que si on pratique à sa partie supérieure un petit trou, une petite lumière par laquelle l'air pourra pénétrer. Ce trou se perce généralement dans le bouchon du réservoir, situé naturellement dans le haut du récipient. Or, beaucoup de conducteurs ont coutume de serrer sous le coussin du siège, juste au-dessus du bouchon, les chiffons de nettoyage. Que va-t-il arriver? Le conducteur met son moteur en marche, monte sur la voiture, s'assied, embraye, démarre et part ; au bout d'une minute, la voiture s'arrête... plus d'essence. Il descend, regarde le carburateur qui s'est rempli de nouveau; il remet en route, repart... nouvel arrêt... Il s'est simplement passé ceci : en s'asseyant, le conducteur a comprimé un chiffon au-dessus du bouchon du réservoir ; le trou d'air a été obturé et l'essence n'a plus pu s'écouler. En quittant sa place, le conducteur a dégagé le chiffon, l'air a pu passer, l'essence est descendue... On voit la suite.



VUE EN COUPE DU DISPOSITIF INTÉRIEUR DE LA « NOURRICE »

D, *Tube venant du réservoir ;* V, *filtre ;* P, *extrémité du tube* D ; C, *tube d'aspiration relié au moteur ;* W, *trou de remplissage, fermé par un carré ;* K, *prise d'air ;* O, *orifice reliant la prise d'air au récipient extérieur ;* A, *valve de l'aspiration ;* B, *valve de la prise d'air ;* G, *flotteur ;* H, *clapet fermant l'orifice du tube* T *(ce clapet s'ouvre sous la pression de l'essence qui se déverse dans le récipient extérieur ; il s'applique même sur le tube et le ferme, dès que l'aspiration se produit par* C*) ;* M, *tige guidant la marche du flotteur ;* J, *tubulure conduisant au carburateur ;* E, *levier supportant les ressorts* S ; F, *bras de levier commandé par les ressorts* S *et agissant sur les deux valves* A *et* B.

Capacité, température, hauteur au-dessus du châssis sont donc trois facteurs qu'il convient de ne pas négliger. Pour leur donner satisfaction, — tout au moins à deux d'entre eux, — on place le réservoir sous le châssis, à l'arrière. Là, rien ne limite ses dimensions et il se trouve au frais ; mais, pour le coup, l'arrivée de l'essence au carburateur, placé plus haut que le réservoir, devient impossible, à moins d'exercer sur elle une pression. Cette opération est confiée à une pompe à main pour l'amorçage, aux gaz d'échappement ensuite. Deux tubes sont fixés sur le réservoir ; l'un pénétrant jusqu'à la partie inférieure de celui-ci et relié, par son autre extrémité, directement au carburateur ; l'autre s'arrêtant au contraire dans le haut et amenant soit l'air de la pompe, soit une dérivation des gaz d'échappement refroidis, destinés à comprimer l'essence et à la refouler aussitôt dans l'autre canalisation.

On se rend vite compte de l'inconvénient que présente ce dispositif. Chaque fois que, pour une raison quelconque, remplissage, vérification, visite d'octroi, on doit dévisser le bouchon, la pression disparaît, la canalisation se vide et il faut repomper pour remettre en marche. Que le bouchon obture mal, qu'il y ait la plus petite fuite, plus de pression plus du tout d'arrivée d'essence

Pour s'assurer une alimentation régulière et constante, les Américains ont imaginé un petit appareil basé sur un principe absolument opposé : ils ont remplacé simplement la pression par le vide par l'aspiration, *Vacuum Gazoline system.*

C'est le moteur lui-même qui, en même temps qu'il aspire les gaz du carburateur, fait le vide dans un récipient intermédiaire, dénommé « nourrice », et y amène l'essence du réservoir. Ce petit récipient, d'une contenance d'un litre environ, est placé à l'intérieur du capot et directement au-dessus du carburateur. Le litre d'essence, qui se renouvellera constamment, comme on va le voir, se trouve donc en charge de telle sorte que, quelle que soit l'inclinaison de la voiture ou l'étanchéité du réservoir, l'alimentation ne cesse pas un instant d'avoir lieu.

Cet appareil consiste en un cylindre de petites dimensions (0 m. 20 de hauteur

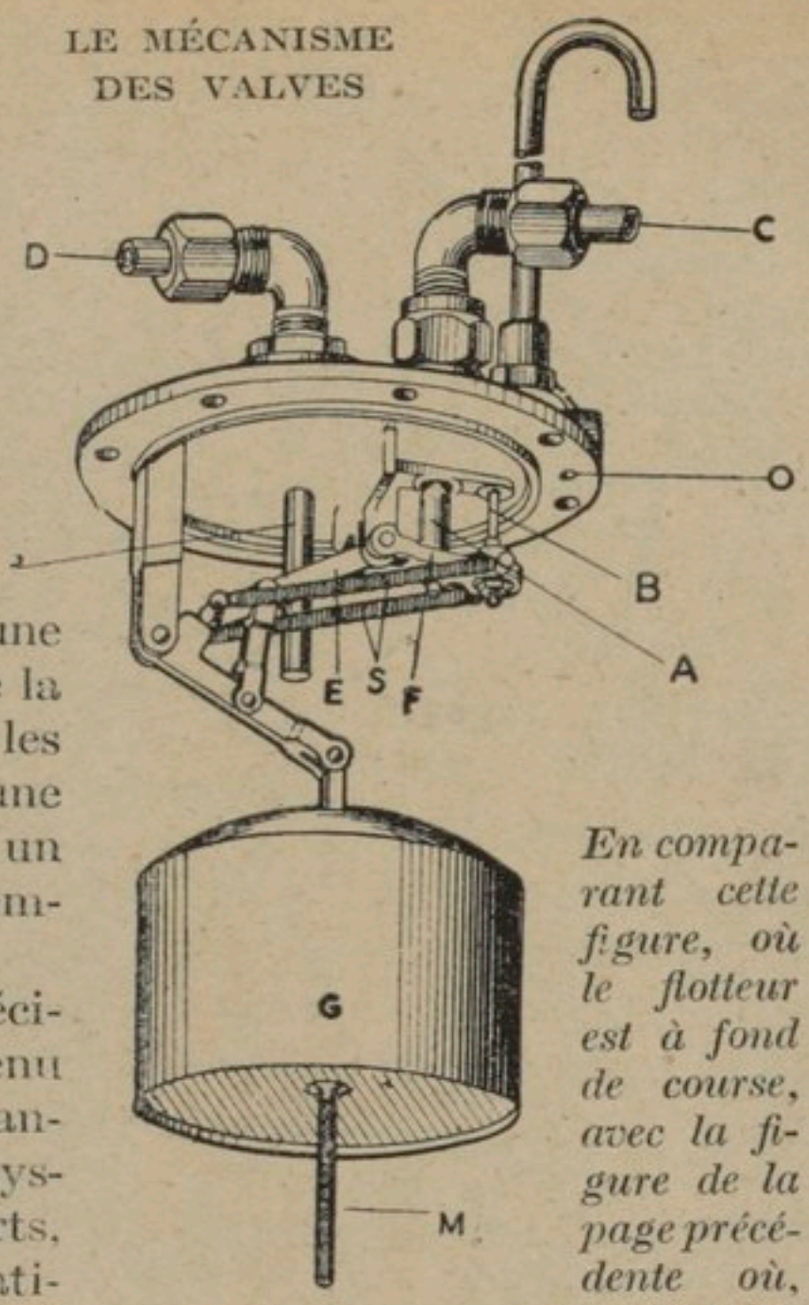
sur 0 m. 09 de diamètre), dans lequel est logé un deuxième cylindre plus petit qui communique avec lui par le tube *T* et la valve *H*. Un couvercle obture le tout hermétiquement. Sur ce couvercle sont adaptés : un tube *D* qui vient du réservoir, un tube *C* greffé sur le tuyau d'aspiration du moteur, une prise d'air *K* par où s'exerce la pression atmosphérique sur les deux récipients, et enfin, une ouverture *W* fermée par un carré, pour un premier remplissage de l'appareil.

A l'intérieur du petit récipient, un flotteur *G*, maintenu par une tige *M*, et commandant, au-dessus de lui, un système de leviers et de ressorts, fermera ou ouvrira automatiquement les deux clapets *A* et *B* suivant qu'il montera ou descendra dans le cylindre.

Ceci posé, voyons le fonctionnement de l'appareil.

Supposons la nourrice encore vide. Par l'ouverture *W*, nous introduisons de l'essence à l'intérieur du petit récipient et nous fermons. Le flotteur *G* est monté avec le niveau du liquide ; les leviers, sur lesquels il agit, vont fermer la soupape *A* du tube d'aspiration et dégager la soupape *B* de la prise d'air *K*. L'air libre, pénétrant dans le récipient, permet alors à l'essence de s'écouler par le tube *T*, de soulever le clapet *H* et de remplir le récipient extérieur d'où elle va directement par le tube *J* dans le carburateur.

LE MÉCANISME DES VALVES



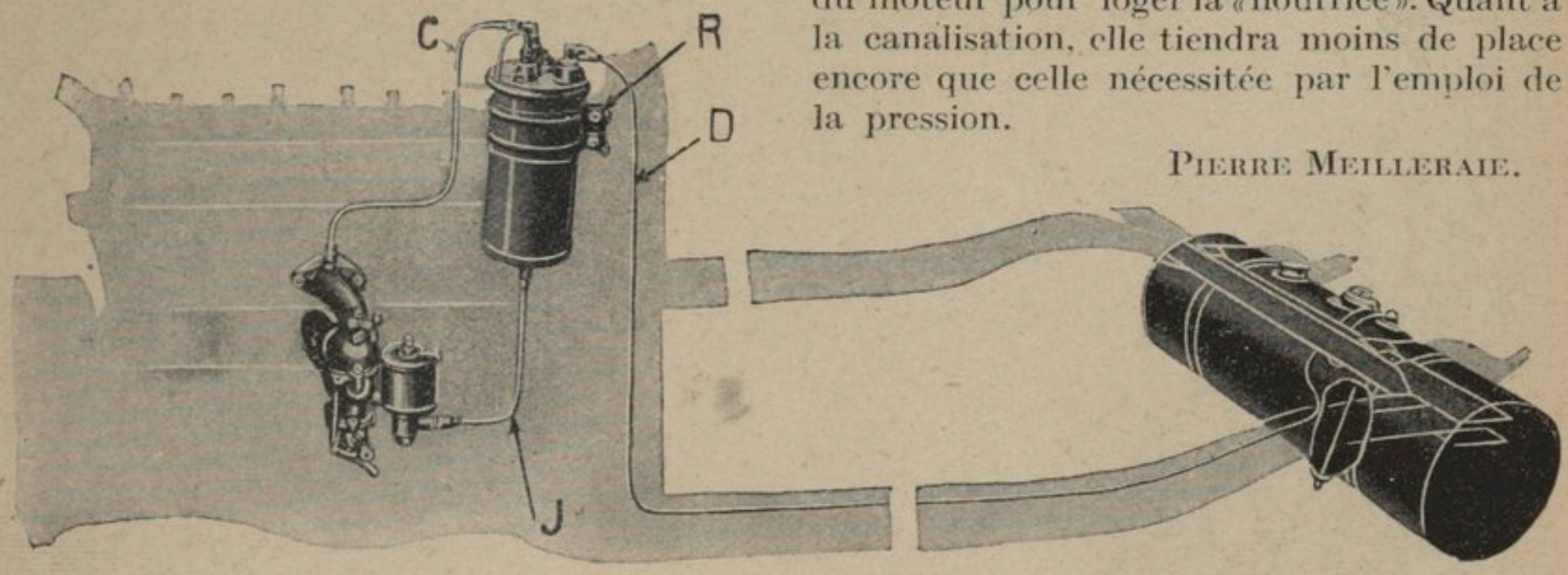
En comparant cette figure, où le flotteur est à fond de course, avec la figure de la page précédente où, au contraire, il se trouve en haut du récipient, on se rend compte de l'action des ressorts S *sur les leviers* E, F, *et les valves* A *et* B.

Mais, entraîné par le niveau qui baisse, le flotteur *G* descend, et, en descendant, il ouvre la soupape *A* de l'aspiration et ferme celle *(B)* de la prise d'air. Le moteur fait alors le vide en aspirant par le tube *C* et amène ainsi, par le tuyau *D* l'essence contenue dans le grand réservoir placé sous le châssis à l'arrière de la voiture. Notre petit récipient va donc se remplir à nouveau jusqu'à ce que le flotteur revienne fermer les valves supérieures.

Il s'établira ainsi un point limite où le flotteur ne subira plus que de très légères oscillations, baissant pour laisser s'écouler l'essence au carburateur, remontant aussitôt dès que l'aspiration rétablie ramène de l'essence dans la nourrice, et ainsi de suite.

L'appareil, très ingénieux, est d'une extrême simplicité et a ce grand avantage qu'amorcé une fois pour toutes, il sera toujours en état de fonctionnement, tant qu'il y aura de l'essence dans le grand réservoir. Au conducteur le soin de ne pas oublier de renouveler à temps la provision. Ce dispositif peut aisément s'appliquer sur n'importe quelle voiture. On trouvera toujours suffisamment de place dans le capot du moteur pour loger la « nourrice ». Quant à la canalisation, elle tiendra moins de place encore que celle nécessitée par l'emploi de la pression.

PIERRE MEILLERAIE.



COMMENT ON DISPOSE LA NOURRICE SUR UN CHASSIS AUTOMOBILE

Par la tubulure C *le moteur, en aspirant les gaz du carburateur, fait le vide dans la nourrice et amène l'essence du réservoir par la canalisation* D. *L'essence, par son simple poids, descend de la nourrice dans le carburateur par le tube* J. — R *est le collier de serrage qui fixe l'appareil sur le garde-crotte.*

LES DÉPARTEMENTS FRANÇAIS OU LA « HOUILLE BLANCHE » EST SURTOUT UTILISÉE

LES RESSOURCES DE LA FRANCE EN HOUILLE BLANCHE

Par **Etienne MAURAS**

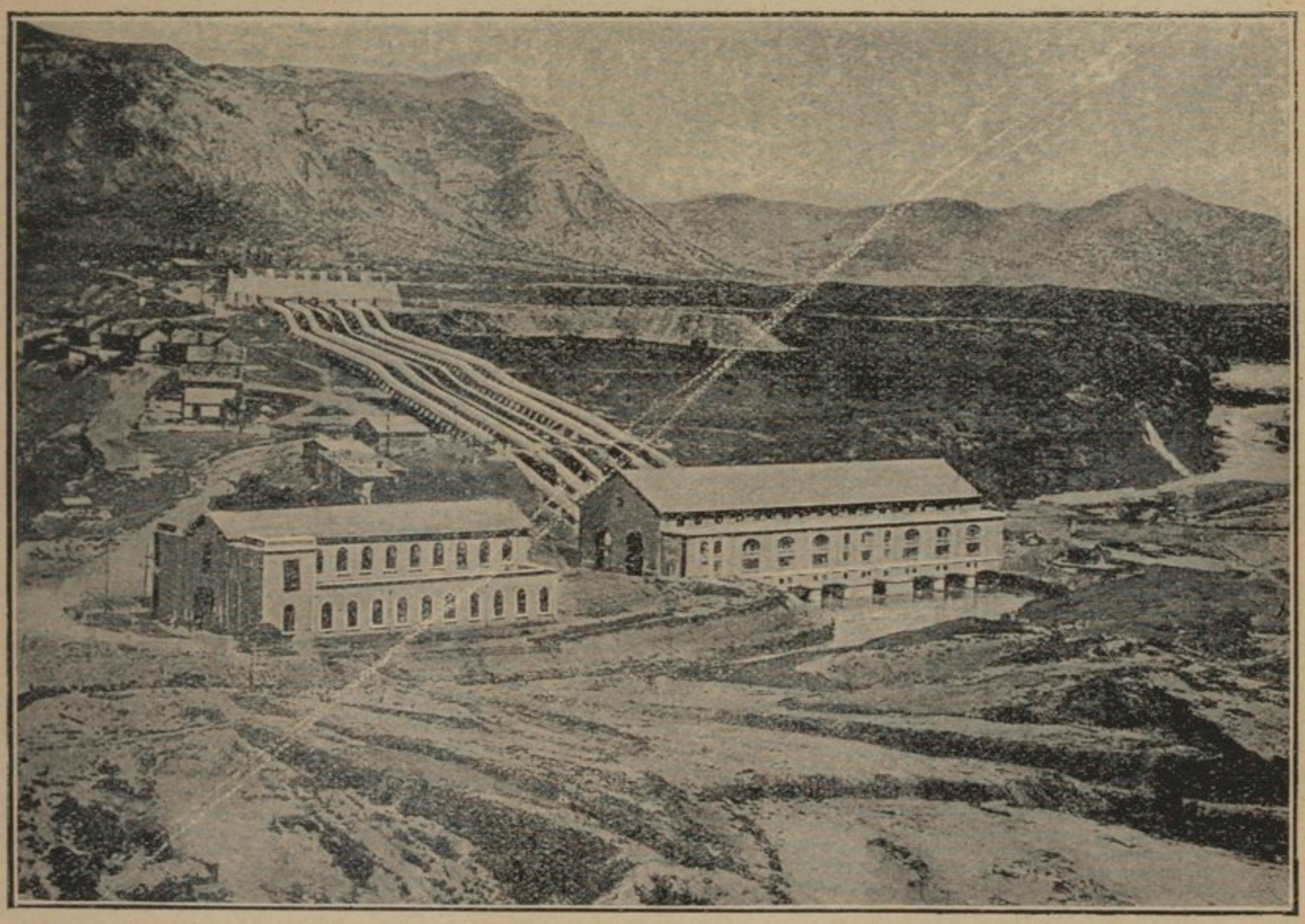
INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

Parmi les diverses solutions qui ont été envisagées pour suppléer au déficit causé par le manque de main-d'œuvre et par la guerre sous-marine dans nos approvisionnements de combustible, la plus efficace et la plus définitive est certainement l'aménagement de nos rivières et de nos torrents, en vue de la création de chutes propres à nous fournir de l'énergie électrique.

L'intensification de l'extraction houillère, l'emploi de la tourbe, des lignites, des combustibles à bon marché, tels que déchets de fabrications, ordures ménagères, etc., sont des mesures, utiles sans doute, mais qui ne fourniront peut-être pas des ressources aussi importantes et aussi permanentes que l'utilisation des forces hydrauliques, heureusement très abondantes dans les Alpes, dans les Pyrénées et dans le Massif Central.

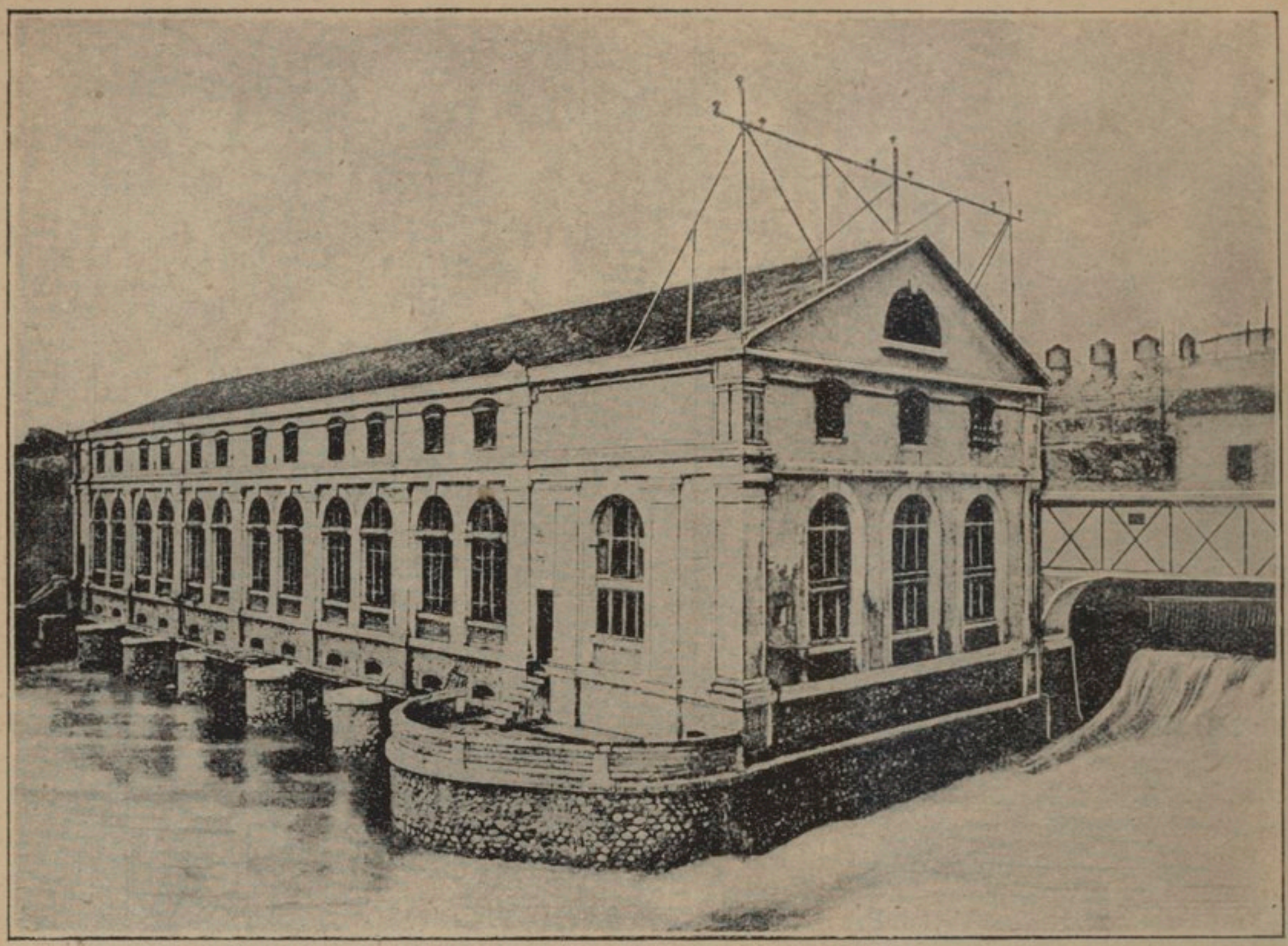
C'est donc vers le montage de puissantes turbines hydrauliques que se porte l'activité de nos industries d'Etat et des nombreux manufacturiers qui ont vu leurs usines arrêtées, en 1914, faute de charbon et d'ouvriers.

L'on s'étonne parfois que le développement de la houille blanche n'ait pas été plus prompt en France et que les statisticiens se montrent encore assez hésitants quant au nombre de chevaux que représente l'ensemble de nos ressources hydro-électriques.



VUE GÉNÉRALE DE L'USINE DE VENTAVON, SUR LA HAUTE DURANCE

Construite et aménagée par la Société des Forces motrices de la Haute Durance, cette usine de 24.000 chevaux est utilisée par la Société de l'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen. La carte page 250 montre le réseau important auquel Ventavon fournit l'énergie et la lumière.



LE BATIMENT DES TURBINES DE L'USINE DE LA BRILLANNE

Située sur le territoire de Villeneuve (Basses-Alpes), cette station de force est alimentée par la Durance. La hauteur de la chute créée par le barrage est de 22 m.; la puissance électrique atteint 15.000 kilowatts.

On reproche évidemment avec quelque raison aux pouvoirs publics la lenteur avec laquelle il a été procédé au récolement des chutes d'eau et à l'estimation exacte de leur valeur au point de vue de la production de l'énergie. Il est cependant équitable de faire remarquer que l'établissement d'une statistique complète des rivières et des torrents, complétée par la mesure de leur débit en toute saison, représente un travail considérable qui exige, pour être mené à bien et présenter ainsi toutes garanties, un nombreux personnel technique et de longs délais.

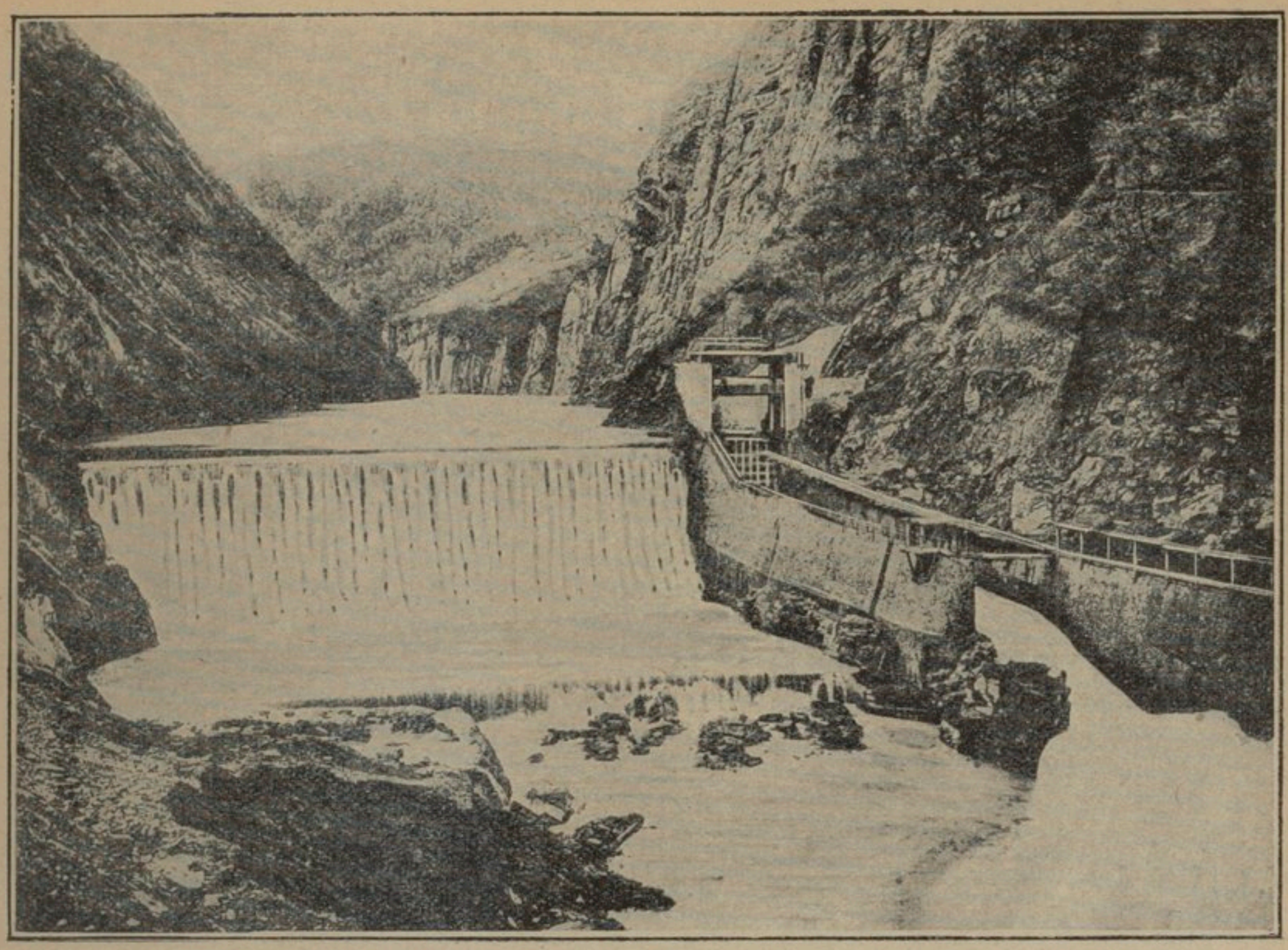
Depuis nombre d'années, un service spécial s'occupe de jauger les fleuves, les rivières et les torrents qui sillonnent notre territoire, surtout dans ses régions montagneuses.

Le résultat des longs travaux entrepris à ce sujet est encore incomplet et incertain ; cependant, l'on peut déjà se faire une idée approximative des possibilités sur lesquelles il est raisonnable de tabler, en ce qui concerne la substitution aussi complète que possible de l'énergie hydraulique à la force motrice que fournissent les machines à vapeur.

M. de la Brosse, directeur du contrôle des services hydro-électriques des Alpes, estime nos ressources à 4.600.000 chevaux, si l'on ne considère que la puissance minimum correspondant à l'étiage. En eaux moyennes, ce chiffre doit être doublé, ce qui donnerait un total compris entre 9 et 10 millions de chevaux. Cela n'est-il pas fait pour nous réjouir?

M. Pinot, secrétaire du Comité des Forces hydro-électriques, s'est arrêté à un chiffre voisin de 6 millions de chevaux. Si l'on adopte cette dernière estimation et que l'on envisage le moment où l'utilisation des chutes sera complète, on constate que l'économie de combustible procurée par l'aménagement de nos torrents ressortirait à environ 18 millions de tonnes par an. On table sur un travail moyen de 10 heures par jour et de 300 jours par an, avec une consommation de combustible de un kilogramme par cheval-heure. Le prix moyen de la tonne de houille étant compté à 25 francs, c'est donc 450 millions de numéraire qui ne sortiraient plus de France chaque année pour solder les achats de houille que nous faisons à l'étranger.

L'Allemagne, si riche en combustibles minéraux, est, au contraire, mal partagée quant



LE MAGNIFIQUE BARRAGE D'AVIGNONET, SUR LE DRAC (ISÈRE)

Cette puissante usine de 11.400 chevaux appartient à la Société Grenobloise de Force et de Lumière; elle alimente un réseau de distribution étendu et le chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure.

aux ressources d'énergie qu'elle peut demander à ses cours d'eau. On a évalué à environ 1.500.000 chevaux la totalité de la puissance représentée par les fleuves et rivières qui coulent sur le territoire de l'empire. L'Amérique du Nord, le Brésil, la Norvège, la Suède, l'Autriche-Hongrie, l'Italie et l'Espagne disposent, au contraire, à ce point de vue, de ressources égales ou supérieures aux nôtres.

L'insuffisance de nos gisements de combustibles minéraux se trouve ainsi en grande partie équilibrée par la valeur de nos cours d'eau, et cependant, en 1910, on ne comptait en France que 600.000 chevaux aménagés. C'était, certes, déjà un très sérieux progrès par rapport aux chiffres de 1902 qui atteignaient à peine 200.000 chevaux.

De 1910 jusqu'à la déclaration de la guerre, nous avions relativement peu progressé, puisque 150.000 chevaux seulement avaient été installés pendant ces quatre années.

Les lenteurs administratives et les difficultés, supprimées par la nouvelle législation, constituaient un obstacle à la mise en œuvre rapide de l'énergie hydraulique. De plus, le public ne se rend peut-être pas suffisamment compte de l'ampleur des opérations auxquelles conduit l'aménagement complet d'une chute d'eau. On a même cru trop longtemps que le courant électrique ainsi obtenu ne coûtait pour ainsi dire rien, alors qu'au contraire le cheval-an hydraulique atteint une valeur assez élevée.

Les capitalistes qui placent leur argent dans les affaires de distribution de courant doivent verser des sommes importantes et attendre, pendant plusieurs années, les premiers dividendes produits par l'immobilisation de leurs fonds. Enfin, les recettes ne croissent pas toujours avec une rapidité capable d'assurer au capital une rémunération raisonnable pendant un laps de temps qui atteint quelquefois dix ans, à compter de la mise en train jusqu'à l'aménagement complet des chutes et à la constitution d'une clientèle assurant le succès de l'entreprise.

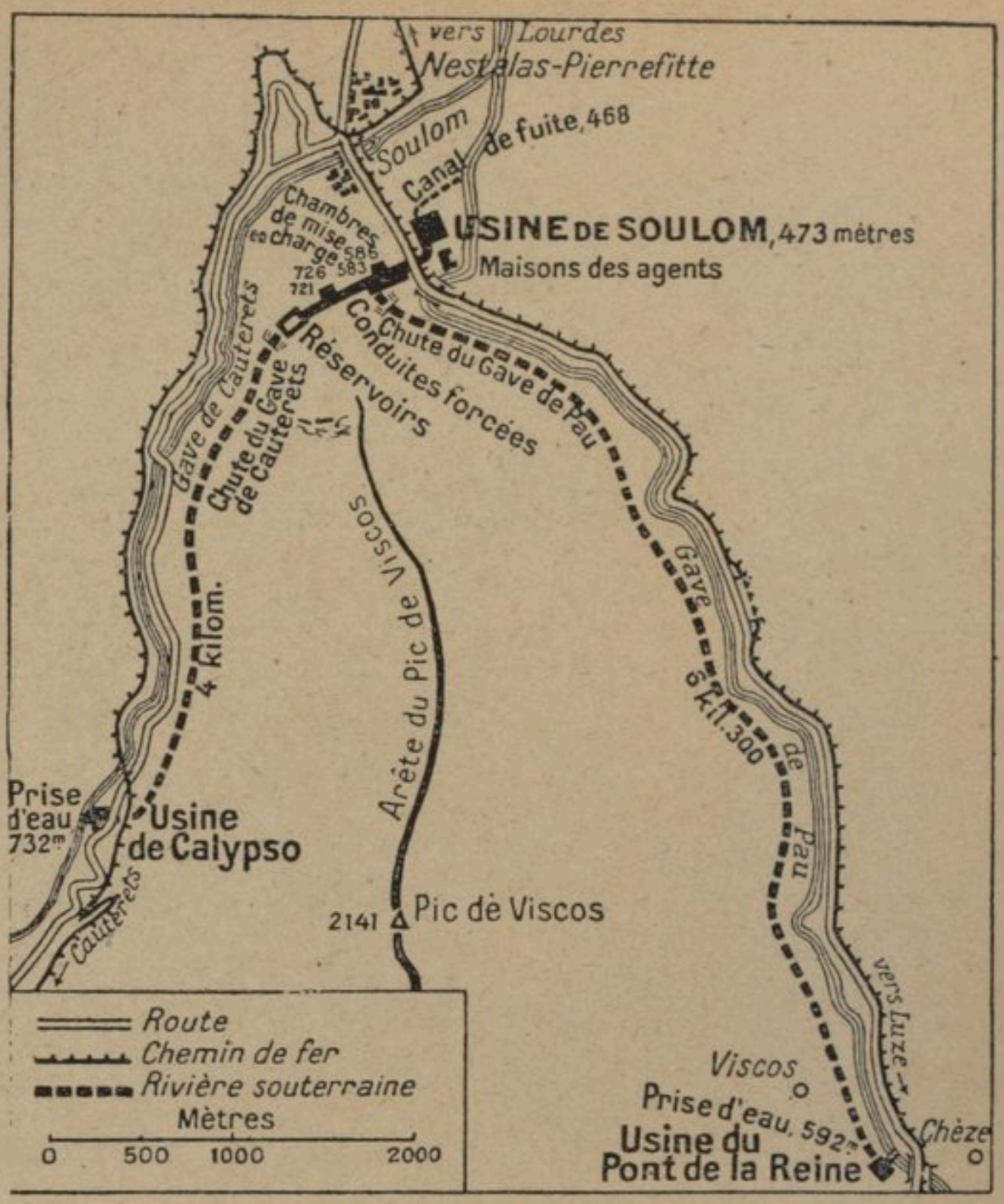
Pour donner à ce sujet un exemple concret, nous citerons les résultats obtenus par la Société du Sud-Ouest Electrique, dont le programme comprend l'aménagement de chutes naturelles et artificielles situées dans le bassin de la Dordogne et dans le pla-

teau Central. En 1910, le Sud-Ouest Electrique, qui possède la grande usine de Tuilière, sur la Dordogne, vendait 7.545 kilowatts, correspondant à une puissance de 2.205 chevaux et encaissait 367.000 francs de recettes nettes, avec un coefficient d'exploitation de 55 %. En 1914, la vente atteignait 11.075 kilowatts, avec 8.289 chevaux utilisés, des recettes nettes de 1.978.000 fr. et un coefficient d'exploitation de 32 %. Il avait donc fallu cinq exercices pour augmenter les ventes d'un peu plus de 50 % et pour faire passer le nombre des lampes alimentées par le réseau, de 20.000 à 57.000. La guerre a généralement développé les affaires des entreprises de distribution d'électricité, mais il faut observer que si leurs recettes ont augmenté notablement, les dépenses de combustible pèsent lourdement sur les budgets, ce qui a obligé les administrateurs à relever un peu les tarifs établis primitivement.

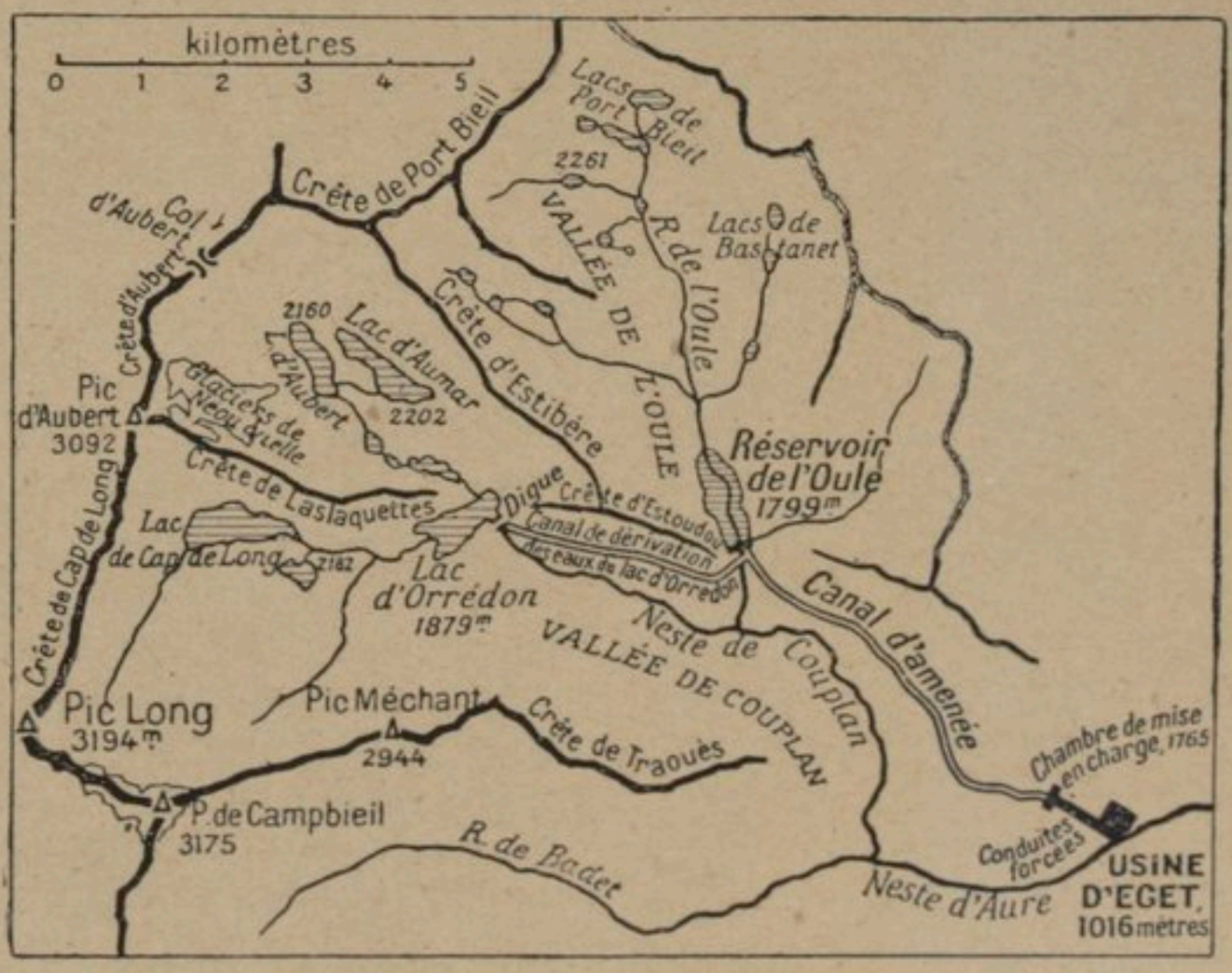
C'est ainsi que le Sud-Ouest Electrique a vendu 13.350 kilowatts en 1916 et qu'il a alimenté 67.000 lampes, ce qui correspond à 15.000 chevaux de puissance. Mais les recettes nettes n'ont cependant atteint que 3 millions, parce que les dépenses ont absorbé 3.785.000 fr. sur les recettes brutes de 6.839.0000 correspondant au dernier exercice. Le coefficient d'exploitation est revenu à 55 %, comme au début de l'affaire.

Poursuivant notre étude, nous remarquerons que pour développer l'aide qu'elle fournit à la Défense nationale, la Société du Sud-Ouest Electrique a dû envisager l'organisation de la chute de Mauzac, située également sur la Dordogne. Cette nouvelle usine comportera six groupes de 2.200 chevaux chacun, soit au total 13.200 chevaux. La dépense de construction des barrages, des salles de machines et des installations de distribution est évaluée à 21 millions, ce qui représente une augmentation assez importante des immobilisations.

Une des dif-



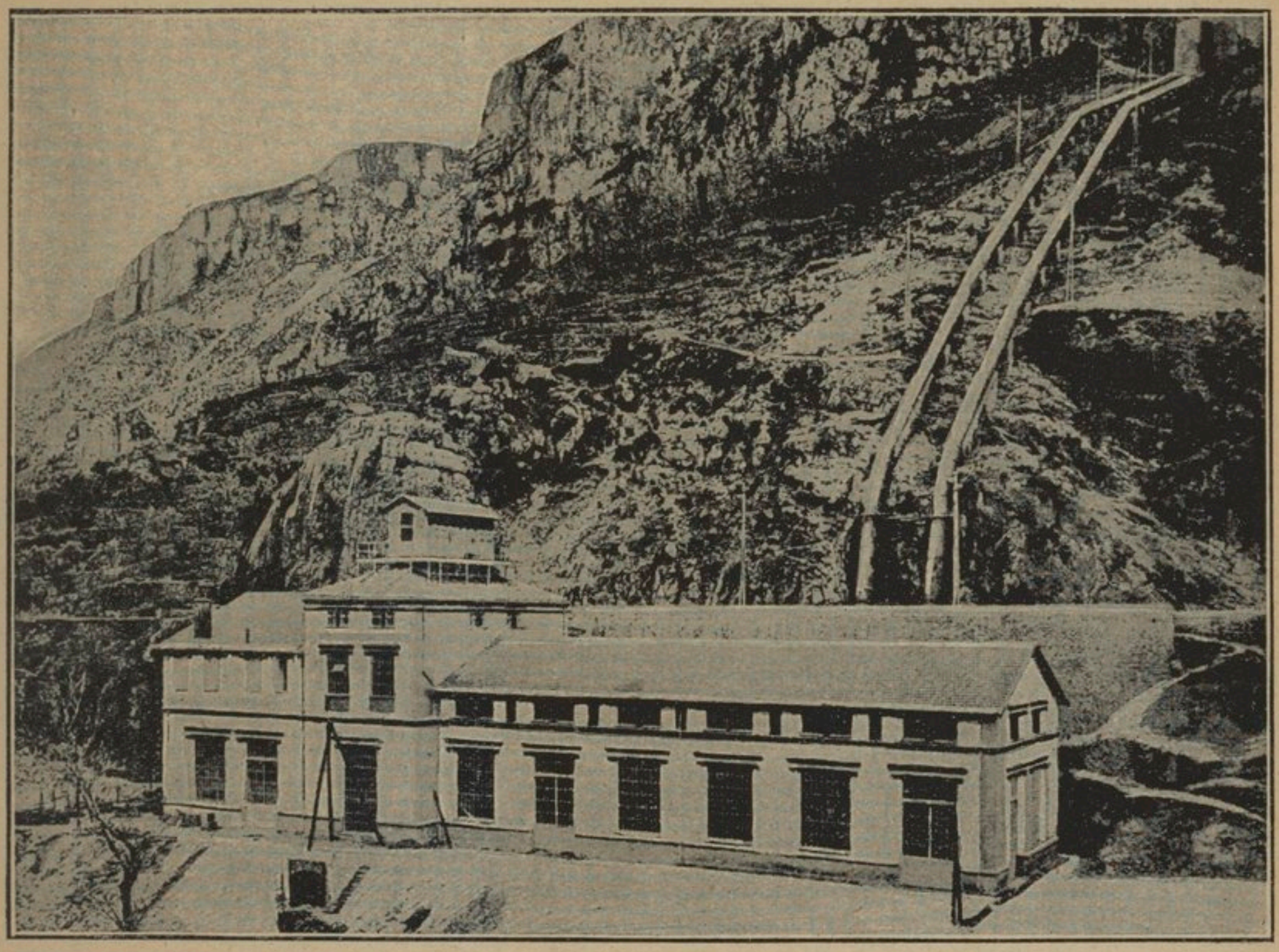
CARTE MONTRANT L'AMÉNAGEMENT DE L'USINE DE SOULOM, APPARTENANT A LA COMPAGNIE DU MIDI



INSTALLATION DES LACS-RÉSERVOIRS FORMANT TAMPONS POUR L'ALIMENTATION EN TOUTES SAISONS DE L'USINE ÉLECTRIQUE D'EGET (COMPAGNIE DU MIDI)

ficultés les plus graves qu'ait à résoudre l'exploitant d'une chute consiste dans l'irrégularité du débit, qui peut diminuer, au moment des basses eaux, d'environ 75 %. Pour assurer l'alimentation régulière de leurs réseaux de distribution pendant toute l'année, les sociétés d'énergie hydro-électrique françaises ont dû installer de puissantes usines à vapeur qui sont pour elles une lourde charge, surtout quand le combustible, atteint comme actuellement, des prix invraisemblables. Dans certains cas, la puissance des usines thermiques de secours, à vapeur ou à gaz, peut égaler celle des stations centrales hydrauliques qu'elles sont appelées à remplacer en cas d'urgence. Il en résulte donc des dépenses improductives correspondant à la consommation dans les foyers des chaudières d'un combustible souvent rendu cher par l'éloignement des bassins houillers.

Dans les circonstances ordinaires, où l'on ne peut pas relever les tarifs de consommation du courant, le fonctionnement fréquent des usines thermiques constitue pour les entreprises de distribution d'énergie une cause de perte qui diminue sérieusement la rémunération de leurs capitaux. Actuellement, par suite de la nécessité absolue où se trouve le gouvernement d'alimenter coûte que coûte les ateliers qui travaillent pour la Défense nationale, la plupart des moteurs thermiques fonctionnent en même temps que les turbines hydrauliques et des accords spéciaux ont été conclus pour compenser les dépenses que cette marche anormale occasionne aux exploitants des chutes d'eau françaises réquisitionnées d'office.



CONDUITES FORCÉES ET BATIMENTS DES TURBINES A MADIÈRES (HÉRAULT)

Cette usine de 5.000 chevaux a été installée sur la Vis, affluent de l'Hérault, pour utiliser une chute créée par un barrage construit près de Navacelle, accompagné d'un canal de dérivation de 10 kilomètres. Le courant produit est distribué par le réseau du Sud Electrique à ses abonnés de force et de lumière.

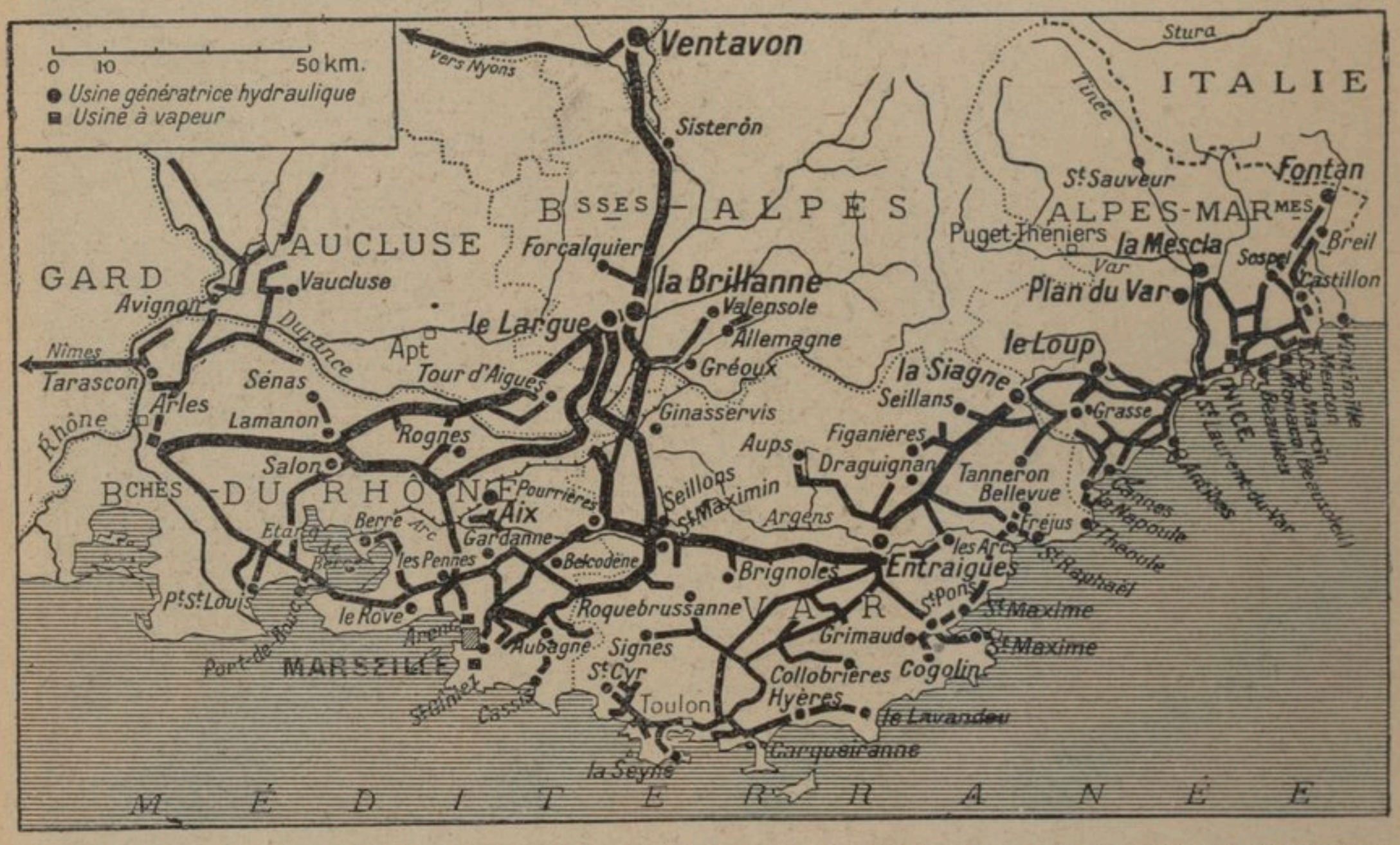
Nous avons dit plus haut que les forces hydrauliques aménagées ou disponibles en France pouvaient être classées en trois régions principales : celles des Alpes, des Pyrénées et du Massif Central (Auvergne).

C'est dans les Alpes qu'ont été réalisées, vers 1869, les premières applications de l'emploi rationnel des torrents dont l'idée est due à Fourneyron et à Girard (1840-1850).

En 1911, M. Ader évaluait à 2 millions de chevaux la puissance en eaux moyennes

des Alpes de la Savoie et du Dauphiné et à 2.600.000 chevaux celle des montagnes de la Provence et des environs de Nice, situées entre la Drôme et la mer. La région du sud-est posséderait donc la moitié de nos forces hydrauliques, car le même auteur évalue à 2 millions de chevaux les chutes utilisables des Pyrénées, à 1.800.000 chevaux celles du Massif Central, des Vosges et du Jura, le reste du territoire comptant pour environ 800.000 chevaux mécaniques très disséminés.

Etant donnée l'importance des capitaux nécessaires pour l'aménagement des chutes



CARTE DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION DE COURANT DESSERVI PAR LA SOCIÉTÉ D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DU LITTORAL MÉDITERRANÉEN

ct pour l'installation des réseaux de distribution du courant, il est naturel que l'exploitation de nos forces hydrauliques ait été surtout entreprise par des sociétés anonymes, plutôt que par de simples particuliers. C'est ainsi que, dans les Alpes, l'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen rayonne sur les Alpes-Maritimes, le Var, les Basses-Alpes, les Bouches-du-Rhône, le Vaucluse, le Gard et l'Ardèche. Cette puissante société travaille avec un capital d'environ 100 millions, dont 60 représentés par des actions et le reste par des obligations. Elle a ainsi pu acquérir dix chutes, dont les principales actuellement aménagées sont celles de la Brillanne, qui utilise les eaux de la Durance sous 22 mètres de chute pour fournir une puissance moyenne de 15.000 kilowatts, et celle de Ventavon, qui donne 22.500 kilowatts, sous 51 m. 50 d'eau. La même société possède quatre établissements dans les vallées voisines de Nice et de Grasse ; ce sont les usines de la Mescla, et de Plan-du-Var, sur le Var, du Loup, de la Siagne, à Saint-Cézaire, dont l'ensemble représente environ 16.000 kilowatts. Plus récemment, l'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen a aménagé une station de 6.000 kilowatts à Fontan, dans la haute vallée de la Roya, et elle termine l'installation d'une usine de 9.000 chevaux au Largue, sur la Durance, en aval de sa grande usine de la Brillanne.

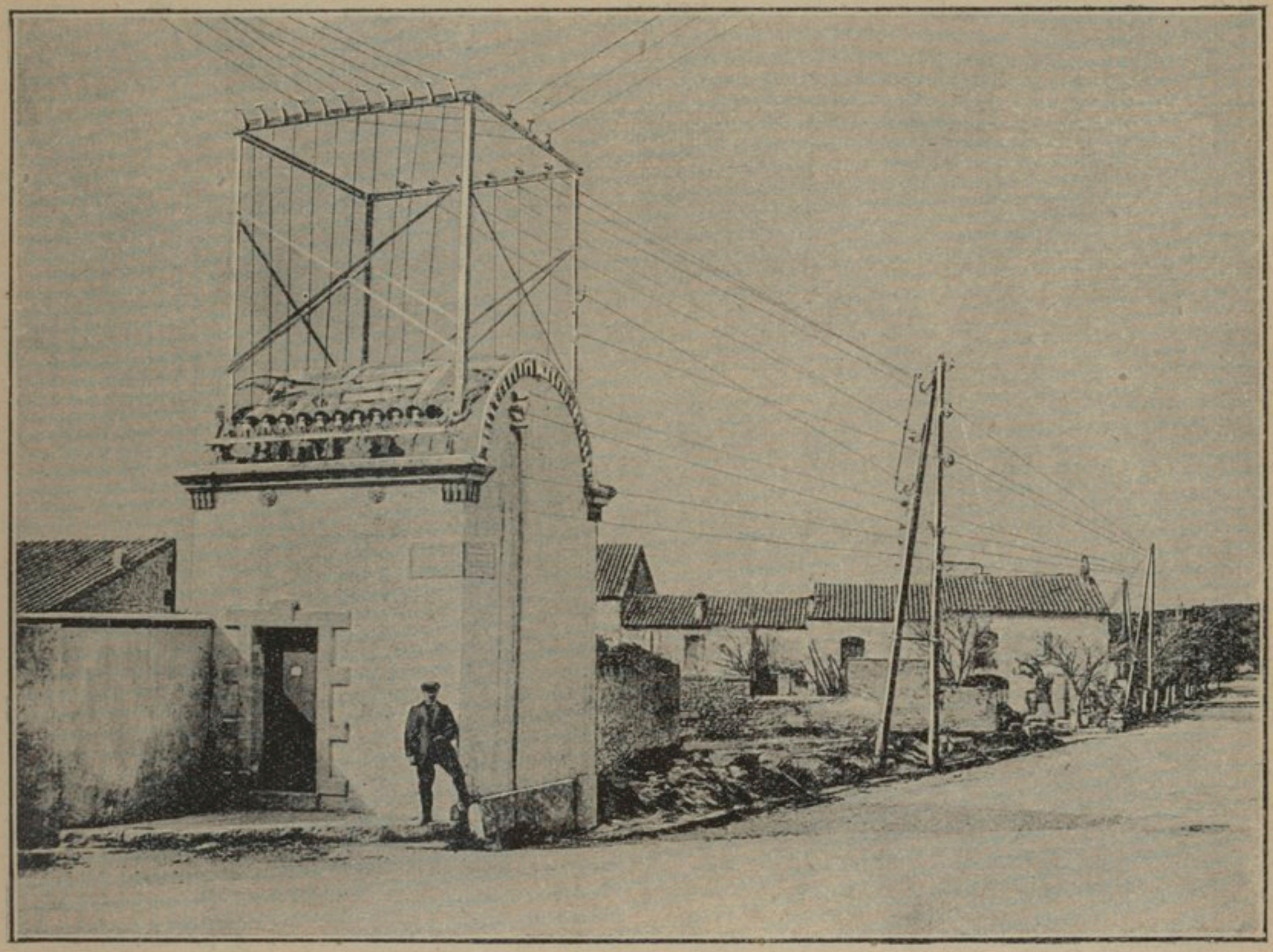
Ces puissantes installations hydrauliques sont complétées par un certain nombre d'usines à vapeur de secours, dont la principale est celle d'Aix, qui représentent au total environ 25.000 kilowatts installés.

Etant donnée l'étendue des territoires desservis par la Société, on conçoit quelle est l'importance de son réseau de distribution. L'usine de Ventavon est reliée par deux lignes d transport de force à 50.000 volts, à celle de la Brillanne, d'où partent quatre câbles à haute tension se dirigeant sur Arles et Marseille. Le groupe Toulon-Hyères est alimenté par l'usine d'Entraigues, tandis que la Siagne fournit le courant à Grasse. Nice reçoit, par deux lignes, le courant des usines de Plan-du-Var et de la Mescla, ainsi que celui de la nouvelle usine de Fontan.

Les importantes industries groupées autour

de Marseille, de la Camargue, de Saint-Louis-du-Rhône et de l'étang de Berre, peuvent ainsi se développer largement en toute sécurité, grâce au courant électrique qui leur est fourni en abondance par de puissantes stations hydro-électriques doublées par d'importantes installations de turbo-alternateurs à vapeur.

L'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen dispose actuellement d'une puissance installée supérieure à 60.000 kilowatts ; ses recettes atteignent 9 millions et son coeffi-

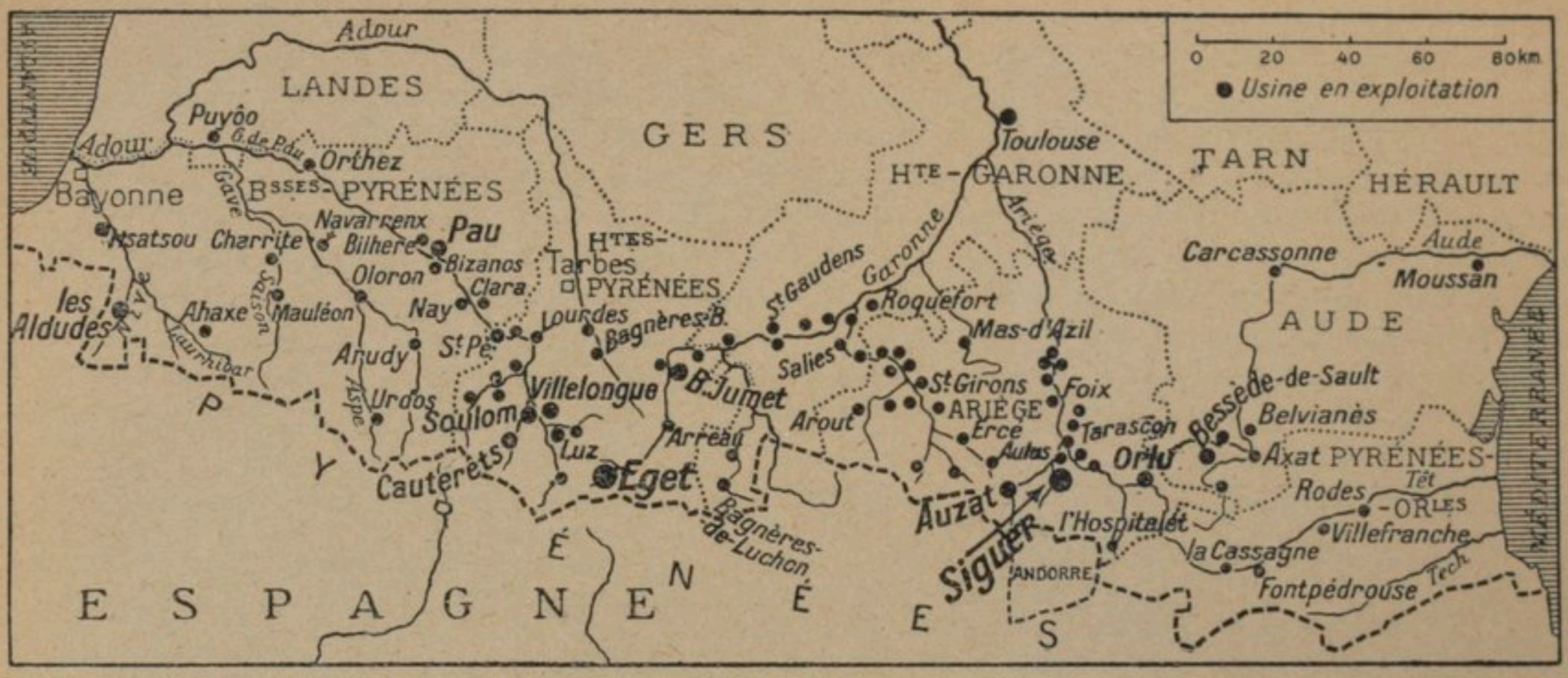


POSTE DE TRANSFORMATION DE FONTVILLE (RÉSEAU DU SUD ÉLECTRIQUE)

cient d'exploitation est voisin de 50 %. Sa clientèle comprend près de sept cents abonnés de force et son portefeuille comprend plus de huit mille polices d'éclairage.

D'autres exploitations importantes, consacrées à la distribution d'électricité, à la métallurgie et aux industries électro-chimiques exploitent un grand nombre de chutes installées sur le Rhône, le Bréda, l'Isère, la Durance, etc. Citons, parmi les plus connues, la Société des Forces motrices du Rhône et celle de Force et Lumière. La première exploite, depuis longtemps déjà, la grande usine de Jonage, qui dispose de 20.000 chevaux hydrauliques et d'une réserve thermique de 16.000 chevaux. L'Electro-Chimie de Bozel, la Société des Carbures Métalliques, la Société des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue, la Société Electro-Métallurgique française, et bien d'autres, exploitent de puissantes usines établies sur la Romanche, l'Arc, l'Arve, le Fier, le Guiers, le Drac, etc. Plus de 100.000 chevaux ont été installés, depuis le commencement de la guerre, dans la région du sud-est et seront disponibles, d'ici la fin de l'année, dans des établissements travaillant pour la Défense nationale. Notre situation industrielle d'après guerre en sera donc développée d'autant, car déjà les usines métallurgiques et chimiques fonctionnant dans la région des Alpes dépassaient en 1914 une puissance supérieure à 400.000 chevaux installés.

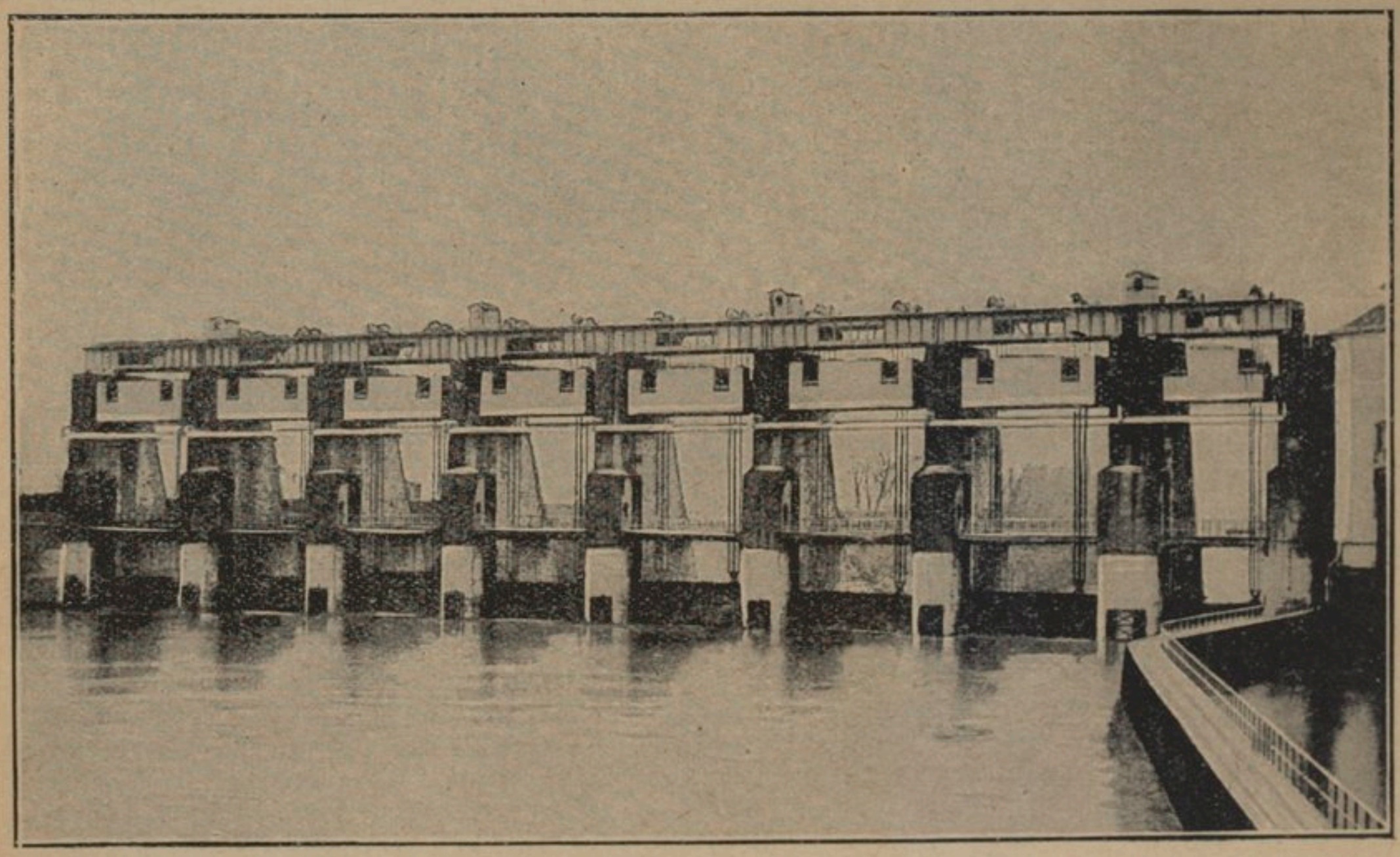
Comme on l'a vu plus haut, les Pyrénées ne le cèdent guère aux Alpes pour l'abondance des eaux. En 1914 on comptait dans la région pyrénéenne environ 100.000 chevaux aménagés et les travaux en cours permettaient d'évaluer à 250.000 chevaux la puissance réalisée vers 1920. En rattachant aux Pyrénées les usines réparties dans les bassins de la Dordogne, du Tarn et de l'Hérault, on peut estimer à 175.000 chevaux



CARTE DES FORCES HYDRAULIQUES INSTALLÉES DANS LA RÉGION DES PYRÉNÉES

la puissance installée en 1914 et à 350.000 celle qui eût été probablement réalisée vers 1920 pour l'ensemble des départements du Sud-Ouest et du Midi. La plupart des usines pyrénéennes alimentant des réseaux de force et de lumière sont situées sur la haute Garonne, le Tech, l'Aude, l'Orlu, le Gave de Pau, la Dordogne, le Tarn et l'Hérault. Il existe aussi, comme dans les Alpes, de puissants établissements métallurgiques et chimiques qui fabriquent du carbure de calcium, des chlorates, du silico-manganèse, du carborundum, du zinc, de l'acier, notamment à Auzat, à Pierrefitte, à Sarrancolin, ainsi qu'à Mancioux, Arudy, Tarascon, etc.

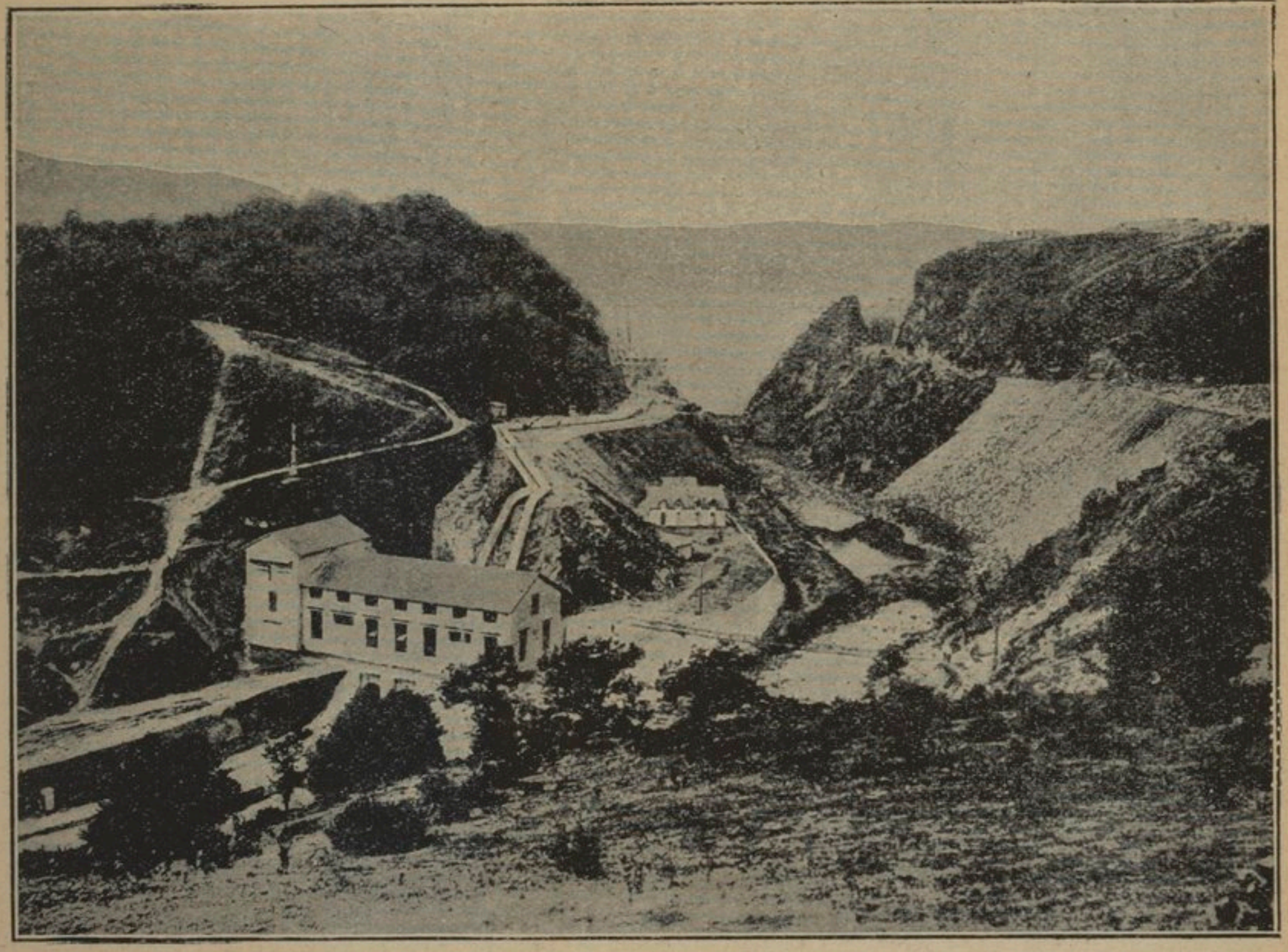
Enfin, la Compagnie du Midi a commencé à électrifier ses lignes et elle exploite deux importantes stations hydro-électriques destinées à alimenter ses voies ferrées. L'usine de Soulom, installée au confluent des vallées de Luz et de Cauterets, utilise les gaves de Pau et de Cauterets, sous des hauteurs res-



LE GRAND BARRAGE DE TUILIÈRE, SUR LA DORDOGNE

L'usine de Tuilière, construite pour le réseau du Sud-Ouest Electrique par M. Claveille, est une des plus belles de France. Elle renferme neuf groupes hydro-électriques de 2.700 chevaux et de puissantes turbines à vapeur de secours formant un ensemble thermique de 16.000 chevaux.

pectives de chute de 113 et de 250 mètres. L'usine d'Eget, située dans la haute vallée de la Neste, utilise les eaux des lacs d'Ourle et d'Orédon, qui sont amenées aux turbines sous une chute nette de 710 mètres. La station de Soulom renferme six turbines représentant 21.000 chevaux, et celle d'Eget en contient sept de 5.000 chevaux. Les deux usines peuvent s'aider mutuellement, car leurs alternateurs sont montés de manière à permettre de les coupler en parallèle.



BARRAGE ET USINE DE TEILLET-ARGENTY, SUR LE CHER

Ces installations appartiennent à la Société Electrique du Centre et de la Loire dont le réseau très étendu dessert les régions minières et métallurgiques de Saint-Etienne, Roanne et Montluçon.

Dans les Pyrénées, on a surtout utilisé les hautes chutes, tandis que les usines de l'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen et celle de Tuilière, appartenant au Sud-Ouest électrique, fonctionnent au moyen de barrages créant des dénivellations comprises entre vingt et cinquante mètres.

A un moment où la métallurgie semble s'orienter de plus en plus vers l'emploi des courants électriques, pour la fusion des minerais et des mattes, il est intéressant de constater le mouvement qui se dessine en France vers l'utilisation de la houille blanche dans nos montagnes. C'est ainsi que la puissante société des Aciéries de Firminy s'occupe actuellement de monter une usine électro-métallurgique d'environ 20.000 chevaux sur le Bès, dans le Cantal. Un groupe industriel construit une station de 40.000 chevaux sur la Truyère, dont la vallée est franchie par le fameux viaduc de Garabit. La Société Electrique du Centre et de la Loire a mis en marche l'an dernier une station de 10.000 chevaux sur l'Anse, ce qui a renforcé les réseaux de Saint-Etienne.

Bien que nous ayons dit que l'utilisation rationnelle des chutes d'eau était plutôt le fait des grandes sociétés, il existe cependant, dans toutes nos régions montagneuses, un très grand nombre d'usines de 25 à 1.000 chevaux, qui fonctionnent hydrauliquement. On en trouve des centaines dans les Alpes françaises, les Pyrénées, les montagnes d'Auvergne, les Vosges, etc.

Il ne faut pas perdre de vue la possibilité de recueillir l'énergie hydro-électrique ailleurs que dans les hautes montagnes. C'est ainsi qu'une chute de 2.500 chevaux créée au moyen d'un barrage en ciment armé,

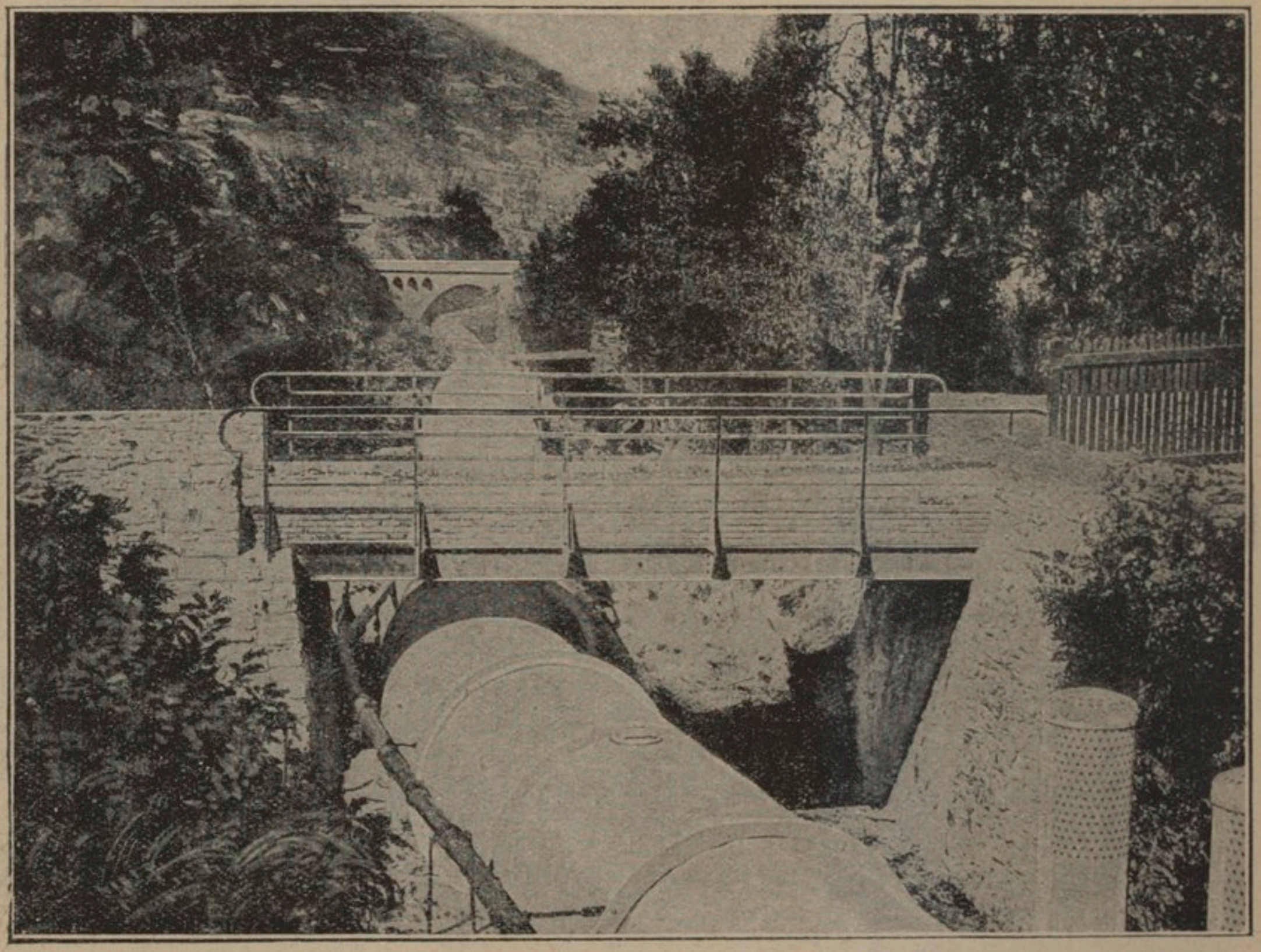
est en voie d'aménagement dans la Manche, sur la Sélune. Même le long de fleuves ou de rivières à pente très faible, tels que la Seine et ses affluents, on peut concevoir la création, dans les hautes vallées, de lacs-réservoirs dont les eaux pourraient être amenées, par des tunnels ou par des canaux, en des points situés en aval et placés de telle façon que l'on puisse réaliser des chutes basses intéressantes par leurs gros débits.

La création de barrages-réservoirs sur le cours des rivières a été préconisée par de nombreux techniciens, parmi lesquels nous citerons l'ingénieur en chef Wilhelm, qui ont établi des projets grandioses à ce sujet, relativement à la Durance ainsi qu'à d'autres rivières du Sud-Est, afin d'utiliser leurs cours inférieurs.

L'avenir réservé aux entreprises, ayant pour but la distribution de l'énergie électrique, peut être considérée comme illimité, grâce à la possibilité de distribuer le courant à haute tension en des points très éloignés des usines de production. C'est ainsi que la Ville de Paris envisage dès aujourd'hui l'utilisation des forces du haut Rhône dont le courant, produit au moyen d'un grand barrage établi à Génissiat, serait transporté par des lignes à 100.000 volts.

Dans un avenir que l'on peut prévoir prochain, la plupart des industries renonceront à l'emploi direct de la houille et alors la France sera placée dans des conditions très supérieures à celles du XIX^e siècle. Elle disposera, non seulement de 10 millions de chevaux hydrauliques, mais aussi de l'énergie produite par les immenses stations centrales installées sur le carreau des mines de houille ou de lignite et au voisinage des tourbières enfin exploitées. Et ce sera peut-être un des seuls bienfaits qu'elle retirera de ces années de guerre que d'avoir repris conscience de ses richesses naturelles et d'en avoir tiré parti, d'abord pour la défense de son sol et ensuite pour la réalisation des puissantes industries qui s'installeront après la conclusion d'une paix solide et durable.

ETIENNE MAURAS.



CONDUITE FORCÉE EN ACIER DE L'USINE DU CASTELET (ARIÈGE)

Les chutes du Castelet, situées à 4 kilomètres en aval d'Ax-les-Thermes (Ariège), appartiennent à la Société hydro-électrique des Pyrénées. L'usine alimente de courant des fours électriques, du système de la Société des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue, servant à la fabrication des carbures.

LE CONTROLE EFFICACE DE LA RÉSISTANCE DES PLANCHERS

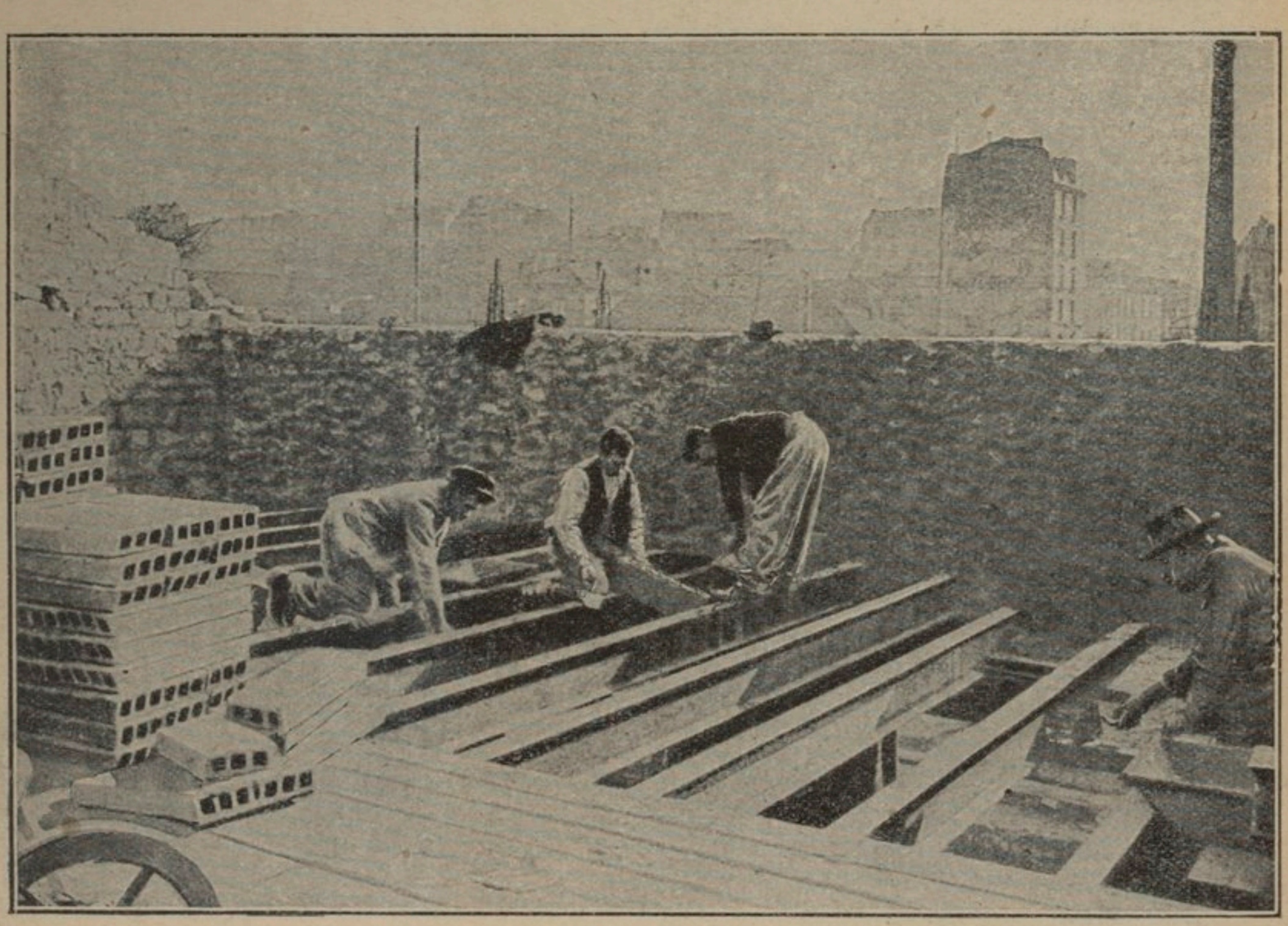
Par Clément RAGOT

On nous signalait, il y a quelques semaines, l'écroulement d'un bâtiment d'usine dû à une cause assez rare dans les annales de la construction.

Un mécanicien de province, propriétaire d'un petit atelier comportant un rez-de-chaussée réservé aux machines-outils et un premier étage occupé par les ajusteurs et les monteurs, avait eu l'occasion, qu'il ne laissa pas échapper, — qui n'en eût fait autant à sa place? — d'acheter quatre wagons de charbon, 40 tonnes environ, sa provision pour près d'un an. Dans un appentis, adossé extérieurement à l'un des murs de l'atelier, le combustible fut apporté et emmagasiné. A quelques jours de là, heureusement à l'heure où les ouvriers étaient à déjeuner un craquement se fit soudain entendre et l'immeuble s'effondra, croulant sur l'appentis où le tas de charbon avait été déposé.

Le mur de refend, déjà vieux, chargé de supporter non seulement le poids des transmissions de l'atelier du rez-de-chaussée, mais aussi celui du plancher supérieur, n'avait pu résister à la poussée latérale des 40.000 kilos de charbon dont la masse était venue s'appuyer sur lui. En cédant, il avait entraîné planchers, machines et tout l'édifice.

Cet exemple, venant après d'autres du même genre, dont quelques-uns eurent même des suites plus graves, a attiré l'attention sur les règles et conditions qui doivent présider à la construction de bâtiments d'usine, sur le choix et l'emploi des maté-

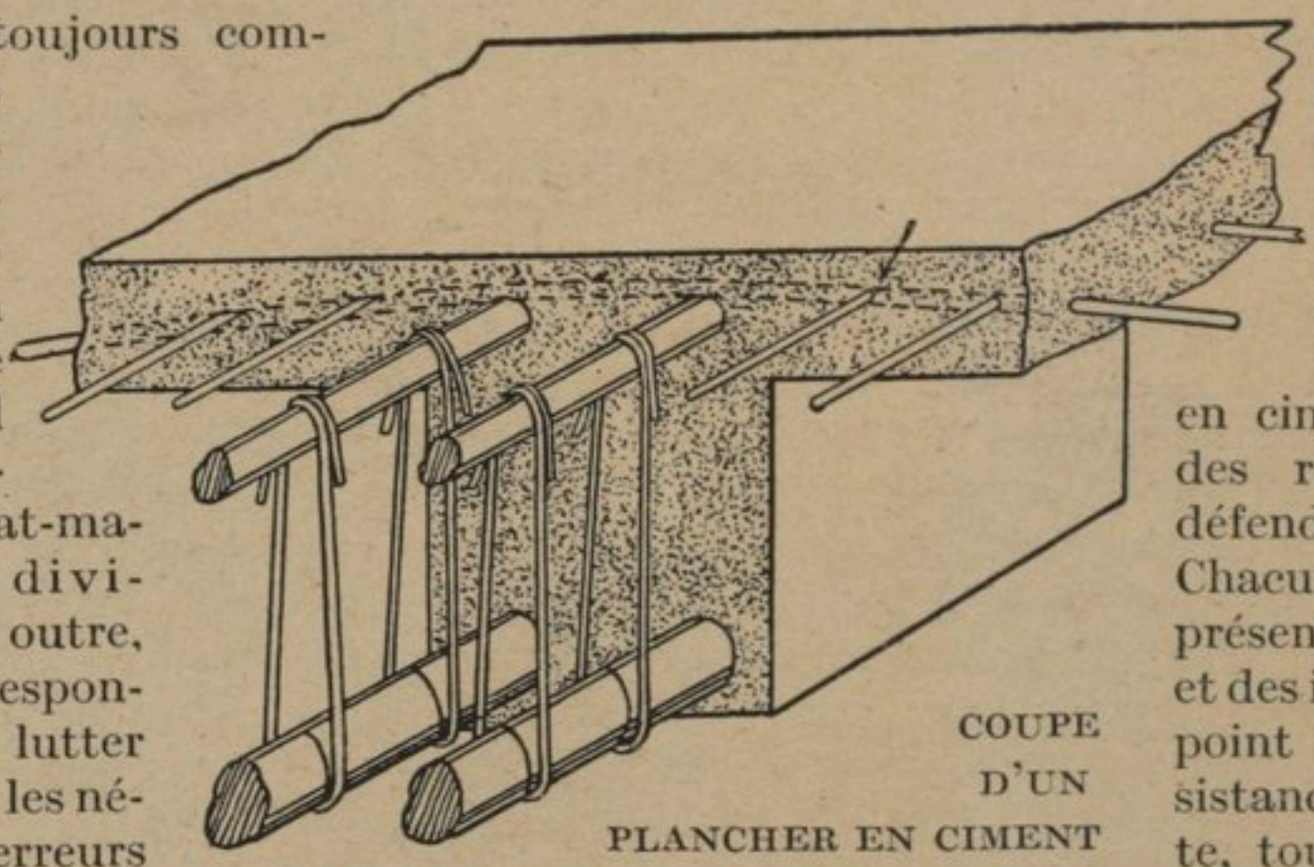


SYSTÈME DE CONSTRUCTION D'UN PLANCHER EN POUTRELLES D'ACIER

Entre ces poutrelles, espacées de 50 centimètres à un mètre, on place un hourdis céramique de forme appropriée qui constitue, à la fois, plancher et plafond.

riaux qu'on y consacre, sur les précautions qu'il est de toute nécessité de prendre pour éviter les conséquences fâcheuses, sur les moyens enfin dont on dispose pour les prévoir.

Certes, le rôle du constructeur n'est pas toujours commode. Il doit tout connaître, tout savoir, tout prévoir ; la conception, la direction et la surveillance lui incombent. Il est à la fois le général, le chef d'état-major, l'inspecteur divisionnaire et, en outre, il a toutes les responsabilités. Il a à lutter aussi bien contre les négligences ou les erreurs des entrepreneurs, des ouvriers que contre les exigences du client, qui demandera toujours un minimum de dépense pour un maximum de sécurité et de confort.



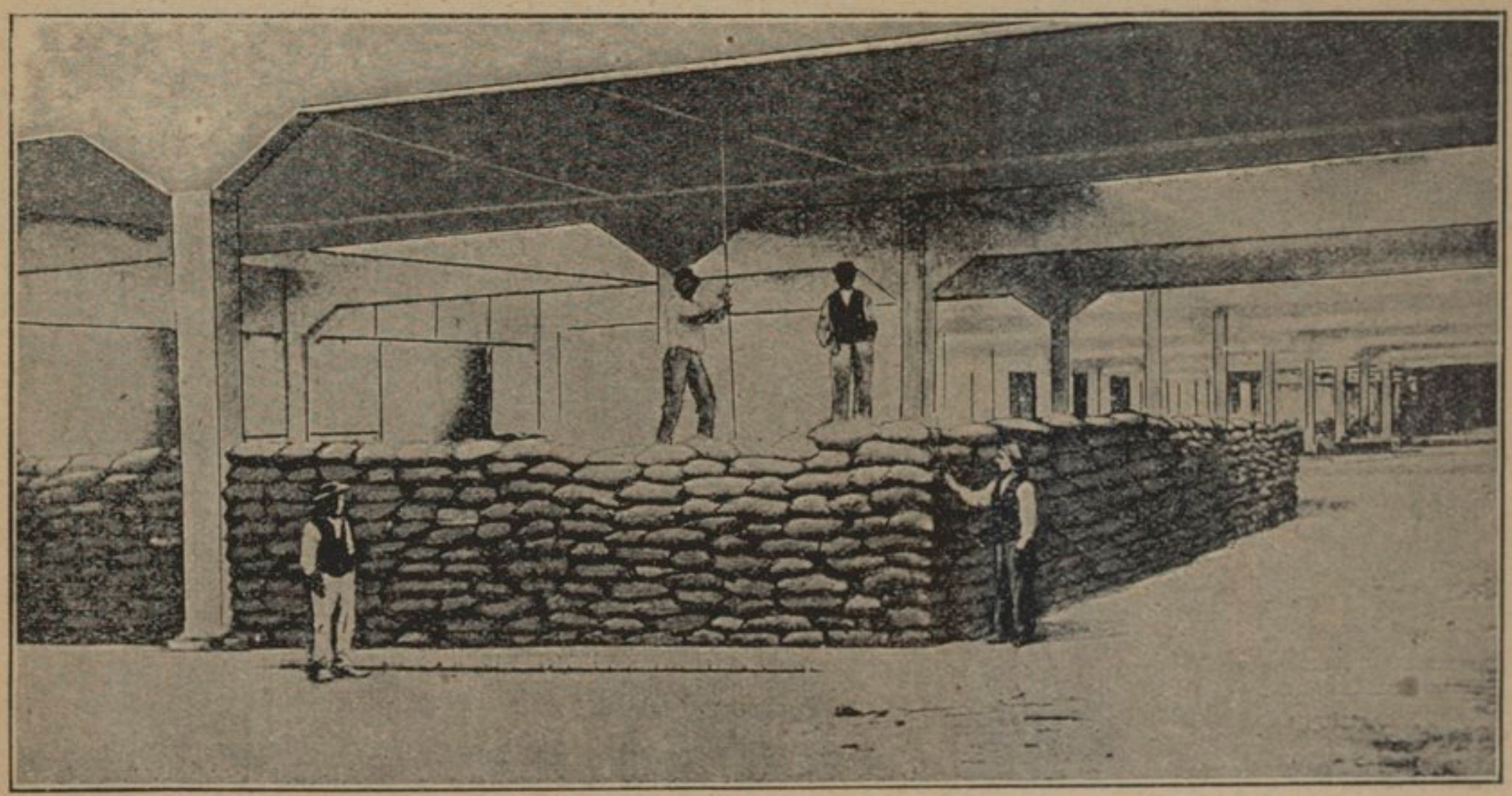
COUPE D'UN PLANCHER EN CIMENT

Des fers de différents diamètres sont logés dans le ciment et reliés entre eux par des agrafes spéciales, de telle sorte que poutres et plancher ne forment qu'un seul bloc.

Tout autant que dans les immeubles où notre existence s'écoule et où nous établissons notre *home*, dans les bâtiments d'usine, les murs, les planchers, les toi ures, les fondations jouent un rôle également important. Pour chaque bâtiment à construire, les données diffèrent, le terrain, les matériaux, les dimensions n'étant jamais les mêmes. Il n'est jamais deux cahiers des charges semblables, le but seul est toujours pareil : que la bâtisse tienne et résiste. Le talent du constructeur est de résoudre au mieux les problèmes divers qui lui sont posés.

Qu'il s'agisse de charpentes en bois, en acier ou en ciment armé, il est des règles dont il est défendu de s'écarter. Chacun de ces matériaux présente des avantages et des inconvénients. Au point de vue de la résistance proprement dite, tous donnent le même degré de sécurité si la disposition et les profils adoptés sont bien appropriés à la nature et à la grandeur des efforts à supporter et faits en conséquence.

La construction en bois, la plus ancienne puisque le bois fut de tous les âges, est plus économique, mais elle présente des dangers d'incendie ; d'autre part, l'humidité est l'ennemie des solives qui, dans un temps plus ou moins court, finissent par pourrir ou par être attaquées, rongées, déchiquetées par



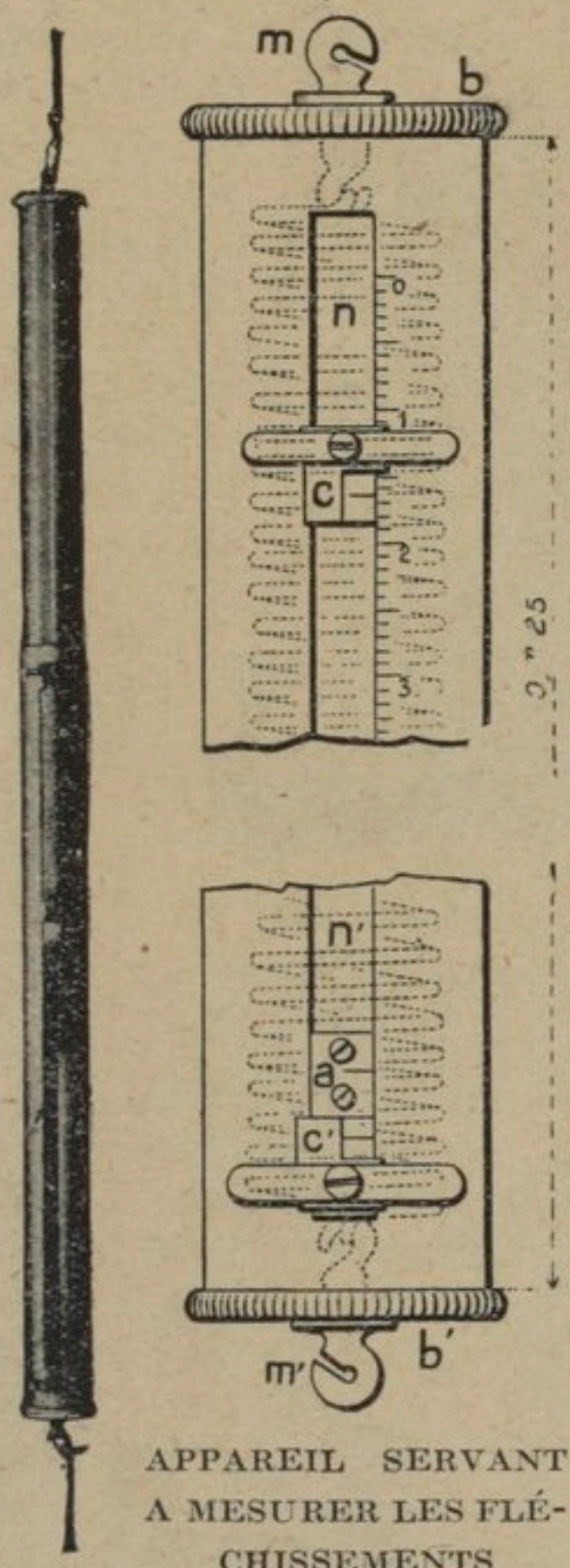
ESSAI DE RÉSISTANCE D'UN PLANCHER EN CIMENT ARMÉ

On dispose sur le plancher une charge supérieure à celle qu'il est destiné à supporter et on mesure à l'aide d'instruments spéciaux le fléchissement qui se produit.

les vers, les termites et même les champignons. La dimension des planchers en bois est, en outre, limitée par la longueur des poutres employées ; pour des pièces de grandes dimensions, pour des halls d'usines, il faut multiplier les poteaux de soutènement et, par suite, encombrer l'espace réservé au travail.

L'acier doux, qui est presque exclusivement employé à l'heure actuelle dans la construction métallique, permet de réaliser des charpentes plus légères et plus grandes. L'épaisseur de ces planchers est moindre, ce qui permet de réaliser une économie de murs. Les solives ou poutrelles d'acier, à profil en double T, ont une durée à peu près indéfinie, si elles sont bien entretenues et peintes périodiquement. Quant aux épaisseurs, aux poids, aux formes de ces poutrelles, des graphiques et des barèmes détaillés en permettent le calcul rapide, et le constructeur, quelle que soit la donnée de son problème, y trouve réponse immédiate.

Mais le béton ou ciment armé, dont l'emploi semble devoir se généraliser, surtout pour les bâtiments de grande importance, présente certains avantages qu'il n'est pas inutile de souligner : 1° sa résistance au feu. On cite l'expérience suivante faite en 1906 : un plancher soumis pendant quatre heures à une température de 1.200 degrés, puis inondé d'eau froide immédiatement après, résista à l'épreuve ; le béton avait éclaté en quelques endroits, mais les armatures intérieures n'avaient pas bougé et les poutres, qui supportaient une charge de 1375 kilos par mètre carré, n'accusaient qu'une flexion de 4 m/m 8, due à la dilatation ; 2° sa durée. Telle conduite calculée pour une pression de 14 mètres qui n'a cédé qu'à une pression de 135 mètres ; 3° son imperméabilité. On construit des navires en ciment armé, dont l'Angleterre fait déjà usage ; 4° son économie. Pour les planchers à grande portée et à forte surcharge, elle peut atteindre 25 à 35 % comparativement aux constructions métalliques. Les détracteurs du ciment armé prétendent que le métal peut glisser dans sa gaine de béton, que des fissures peuvent se produire et que le métal n'est plus protégé contre l'action des agents atmosphériques. Cependant les coefficients de dilatation du béton et de l'acier étant identiques, cette critique paraît peu fondée, et, d'autre part, l'adhérence des deux matériaux est assez grande pour empêcher tout glissement. Le bois, le fer sont également employés dans la construction des murs. Ils servent à constituer une sorte de carcasse, un squelette dans lequel on loge soit de la brique, soit du plâtre. Les constructions normandes, à bois apparent, en sont un exemple, de même que les murs extérieurs de nombreuses usines. Cet ensemble sera très solide si les matériaux employés sont de bonne qualité. Il est certain qu'un mauvais mortier ou une mauvaise brique venant à céder, la maçonnerie tombera et la poutrelle, en bois ou en fer, n'étant plus étayée, fléchira sous le poids des charges supérieures et entraînera l'ensemble du bâtiment.



APPAREIL SERVANT A MESURER LES FLÉCHISSEMENTS

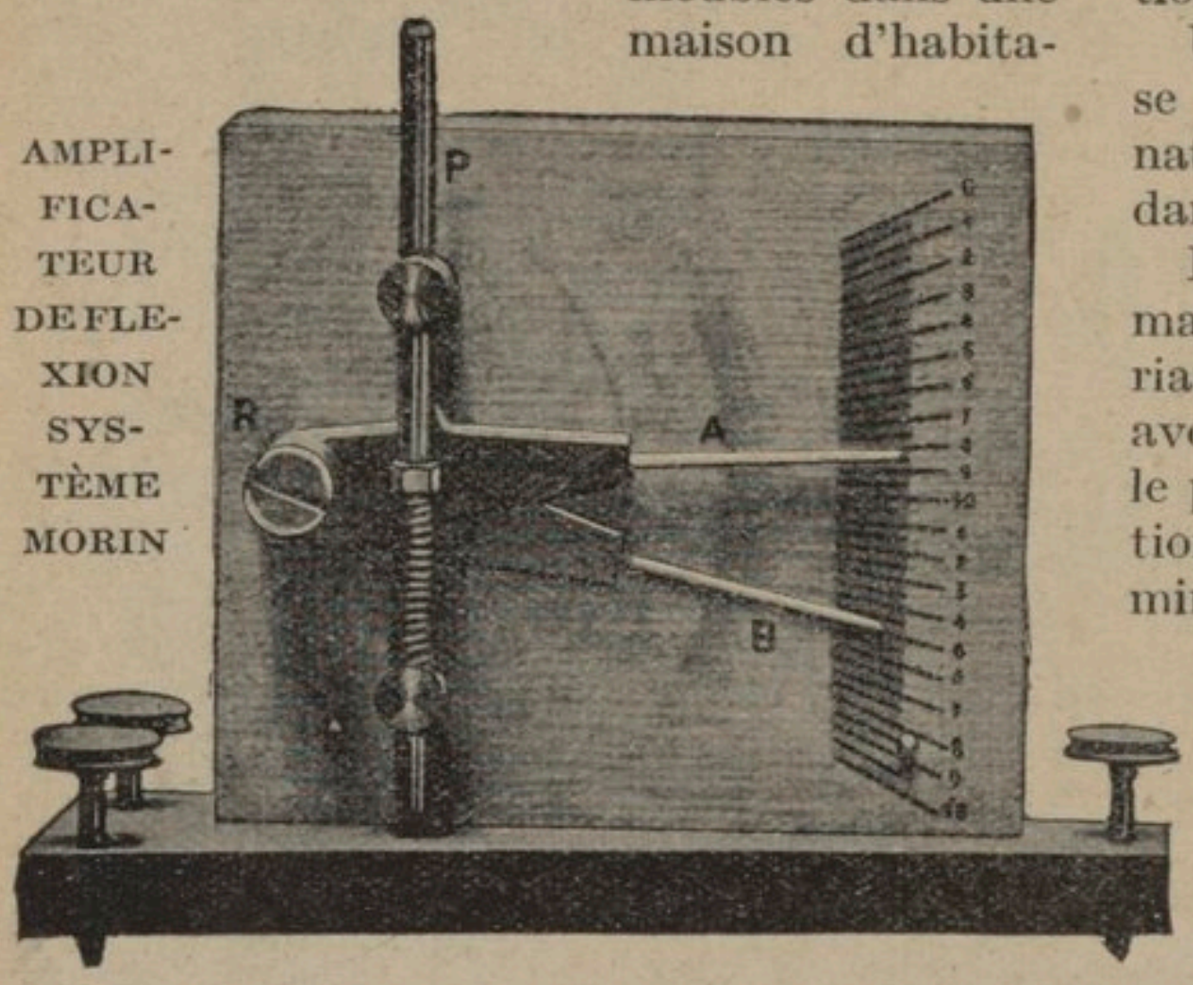
(Elévation et coupe agrandie)

Deux tubes glissant l'un dans l'autre et rappelés par un ressort puissant, sont attachés d'une part, au plancher, de l'autre au sol. Sous l'effet du fléchissement et du ressort, les tubes se rapprochent et donnent en millimètres la mesure de la flèche. — m, m' *crochets doubles auxquels se fixent d'une part, l'appareil au plancher et au sol, d'autre part, le ressort intérieur ;* a, *index du tube intérieur* n, n' ; c, c', *coulisseaux servant à noter la flexion maxima.*

Nous voici ainsi amenés, maintenant que nous savons de quoi se composent les différentes constructions et que nous en avons énuméré les qualités, les avantages et les défauts, à établir quels sont les dangers que doit prévoir et éviter le constructeur, quelles sont les causes possibles d'accident. En principe, toute étude faite avec soin, tout travail consciencieusement effectué doivent donner un résultat sans reproche.

On sait qu'un plancher doit, en général, supporter d'abord une charge fixe, uniformément répandue sur toute l'étendue de sa surface : c'est le poids du plancher lui-même ; puis des charges fixes, localisées dans certaines régions : ce sont les cloisons

de distribution dont le poids n'est pas réparti sur toute la surface du plancher ; enfin, une surcharge utile, en vue de laquelle le plancher est spécialement établi : ce sont les meubles dans une maison d'habitation, les marchandises dans un entrepôt, des machines en mouvement dans une usine. L'usage admet une surcharge de 250 kilos par mètre carré pour une pièce d'habitation, de 500 à 2.000 kilos pour un plancher d'usine portant des machines.



AMPLIFICATEUR DE FLEXION SYSTÈME MORIN

S'il s'agit d'observer des déformations légères dont la notation en millimètres serait difficile, on se sert d'appareils à longs bras de levier, qui multiplient la longueur de la flexion. — P, *tige recevant l'effort du fléchissement ;* A, *aiguille indicatrice ;* B, *aiguille à maximum.*

La machine-outil est déjà d'un poids assez important pour nécessiter une assise particulièrement solide ; il en est certaines pour lesquelles il faut de véritables fondations, ce qui oblige à les loger, sauf impossibilité, au rez-de-chaussée. Le mouvement est donné à ces machines par des courroies de transmission dont l'effet se traduit par un effort d'arrachement que le plancher aura à supporter ; d'où, pour celui-ci, travail double, poids et traction, compliqué par la trépidation de la machine en mouvement. Si, à toutes ces surcharges diverses, on ajoute le poids des matières travaillées, qui varie à chaque instant et qui se déplace de même, on comprendra de combien de données se compose ce problème compliqué.

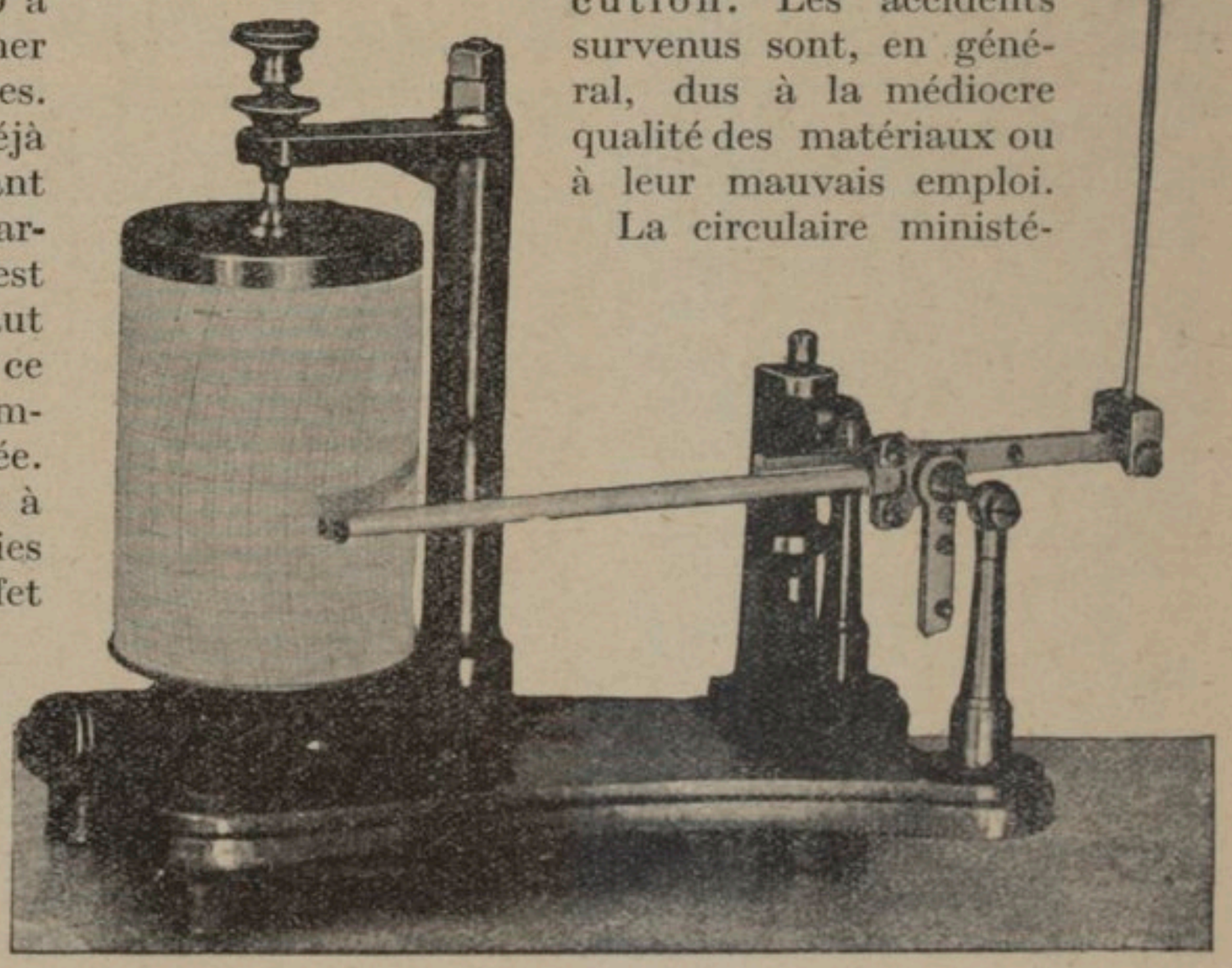
Sont-elles les seules? Il en est d'autres encore pour le moins aussi graves ; les fondations notamment, qui sont à soigner.

Un certain tassement doit inévitablement se produire à la longue, mais celui-ci est naturel et ses conséquences n'ont rien de dangereux puisque largement prévues.

Il ne reste donc plus à redouter que les malfaçons et la mauvaise qualité des matériaux. Les bons fers et les bons aciers doivent avoir été analysés, essayés et contrôlés par le producteur lui-même. Quant à la fabrication du béton, elle doit être l'objet de soins minutieux. Chaux ou ciment, sable ou gravillon qui rentrent dans la composition du béton, sont soumis à des règles très sévères. De la composition chimique de la chaux, de la dimension des grains de sable et du gravier, du dosage de chacun de ces éléments, de la manière de les mélanger, de maints autres détails qui rendent la fabrication du béton difficile et délicate, dépend la bonne qualité du travail exécuté.

Une circulaire du ministre des Travaux publics, d'octobre 1906, ne craint pas d'affirmer que le béton armé ne vaut que par la perfection de son exécution. Les accidents survenus sont, en général, dus à la médiocre qualité des matériaux ou à leur mauvais emploi.

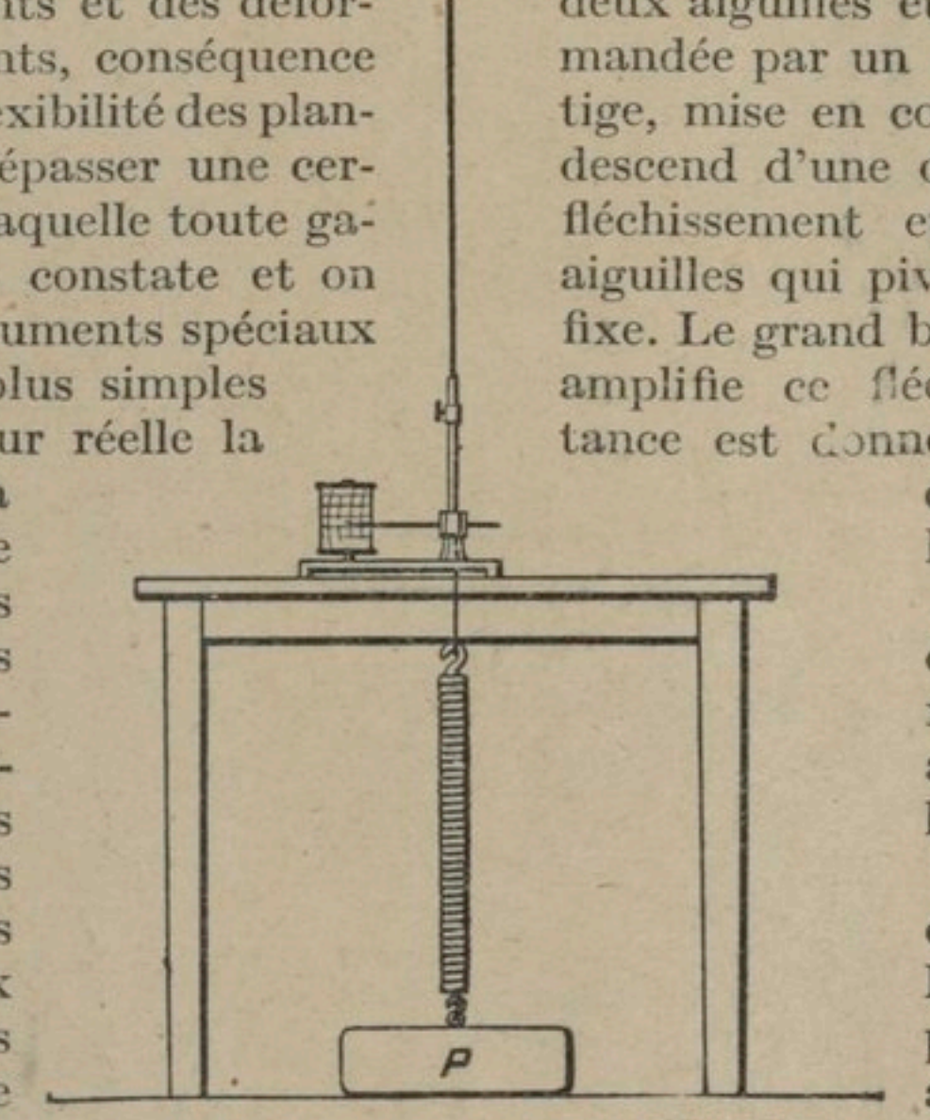
La circulaire ministé-



AMPLIFICATEUR DE VIBRATIONS ET DE FLEXIONS IMAGINÉ PAR M. RABUT, INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Dans le cas d'expériences successives, de déplacements de charges, on se sert de l'enregistreur Rabut, qui inscrit un diagramme des flexions différentes du plancher considéré.

rielle aurait pu ajouter qu'il était, par-dessus tout, indispensable de ne jamais demander à une construction, et notamment à un plancher, de supporter des charges supérieures à celles pour lesquelles ils ont été établis. Dans tous les cas, avant d'être mis en service, les bâtiments à usage d'usine ou d'entrepôt doivent être soumis à des essais de résistance rigoureux. A cet effet, on charge et on surcharge les planchers en des points déterminés, on déplace ces charges, on roule des fardeaux, jusqu'à déterminer des fléchissements et des déformations. Ces fléchissements, conséquence de la souplesse et de la flexibilité des planchers, ne doivent pas dépasser une certaine limite au delà de laquelle toute garantie disparaît. On les constate et on les mesure à l'aide d'instruments spéciaux de précision. L'un des plus simples et qui donne en grandeur réelle la longueur de la flèche à mesurer, se compose de deux tubes concentriques terminés par des bouchons à doubles crochets, et réunis par un ressort de traction à boudin, dont les extrémités sont attachées aux crochets intérieurs des bouchons. Ces deux tubes glissent l'un dans l'autre sans frottement. Le tube extérieur porte une rainure longitudinale, divisée en millimètres sur l'un de ses bords. Un index engagé dans la rainure et fixé à l'extrémité du tube intérieur, permet de mesurer les déplacements de ce tube par rapport à l'autre. En outre, deux coulisseaux, portant chacun un point de repère et montés dans la rainure, l'un au dessus, l'autre au dessous de l'index, glissent à frottement doux sur le tube extérieur.



INSTALLATION DES APPAREILS ENREGISTREURS

L'appareil, posé sur une table, est relié au fil de fer, qu'un poids P *et un ressort puissant attirent vers le sol dès qu'un fléchissement se produit.*

Le mode de l'emploi est le suivant : à l'aide de fils de fer, on fixe au plancher à contrôler le tube portant la rainure longitudinale, et au sol le tube portant l'index. L'appareil a été au préalable tendu de telle sorte que l'index se trouve ramené vers la partie inférieure de la rainure, et, en ce point, on le met en contact avec le coulisseau placé au bas de la rainure. Quand le fléchissement se produira, le tube à rainure, attiré par le ressort à boudin, descendra, entraînant avec lui le coulisseau, tandis que l'index restera en place. En mesurant sur l'appareil l'espace compris entre l'index et le coulisseau, on aura en millimètres la déformation exacte du plancher soumis à la charge d'essai.

Mais souvent les fléchissements constatés sont si faibles que la lecture en devient difficile sur une échelle traduisant directement ces déformations. On emploie alors un amplificateur de flexion ; dans l'axe d'une plaque en aluminium se meuvent deux aiguilles et une tige verticale commandée par un essort antagoniste. Cette tige, mise en contact avec le plancher, descend d'une distance égale à celle du fléchissement et entraîne avec elle les aiguilles qui pivotent autour d'un point fixe. Le grand bras de levier des aiguilles amplifie ce fléchissement dont l'importance est donnée par le cadran gradué devant lequel se meuvent les aiguilles indicatrices.

Il y a lieu, parfois, d'étudier non seulement le maximum des flèches, mais aussi les différentes valeurs de ces flèches.

Dans ce cas, on se sert de l'appareil inventé par M. Rabut, ingénieur des ponts et chaussées. Cet appareil se compose d'un levier amplificateur, mobile autour d'un axe horizontal. Le petit bras de ce levier reçoit, par l'intermédiaire d'un étrier de commande, le mouvement à enregistrer. L'extrémité du grand bras porte une plume qui trace le diagramme sur un cylindre enregistreur.

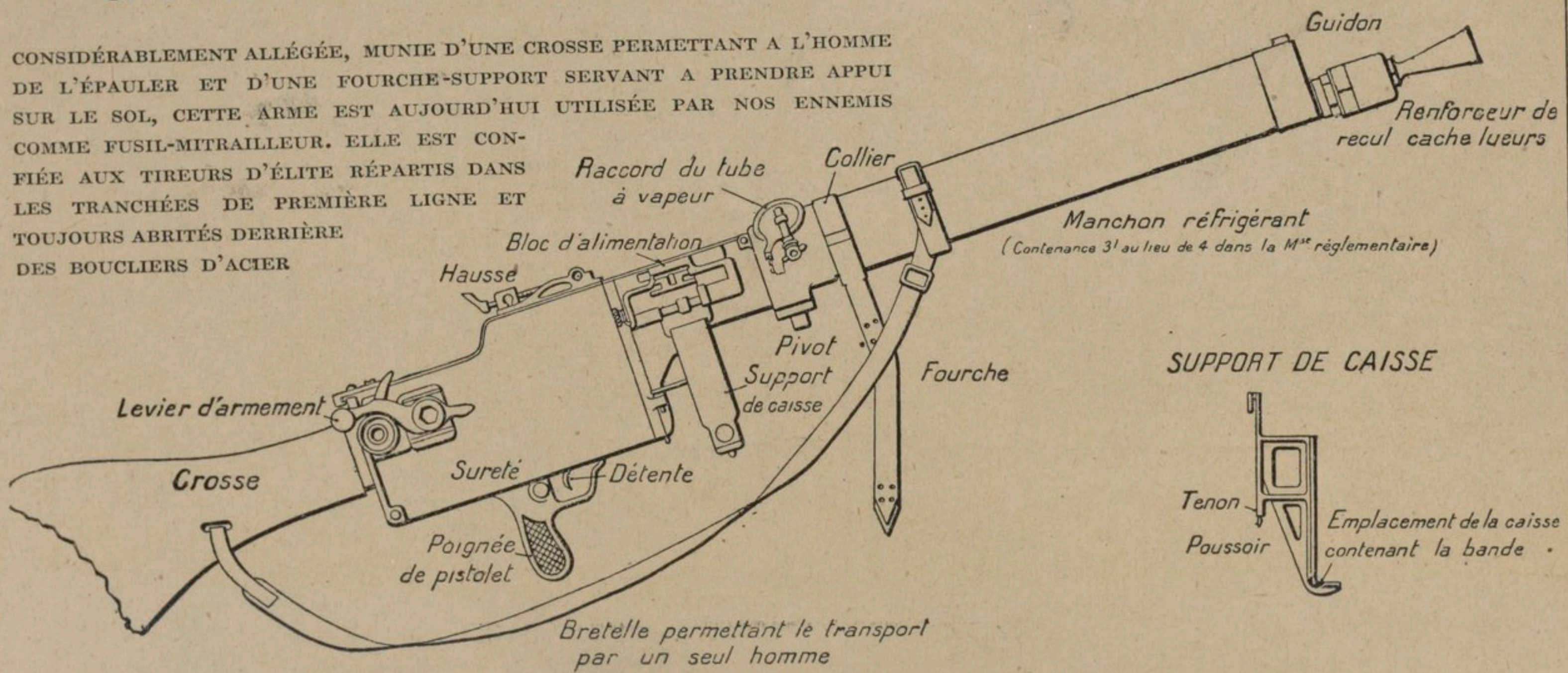
Ces opérations, qui ne se font généralement qu'une fois, pourraient se continuer d'une façon permanente en laissant un appareil à demeure. On aurait ainsi la facilité de constater à tous moments si la tolérance de fléchissement est atteinte ou dépassée et si, par conséquent, un danger menaçant oblige à prendre des précautions immédiates.

Et l'on peut conclure que, toutes règles de construction observées, tous essais de résistance effectués, toutes surcharges évitées, aucun accident, sauf dans le cas de phénomènes surnaturels, ne devrait se produire.

CLÉMENT RAGOT.

UNE NOUVELLE ADAPTATION DE LA MITRAILLEUSE MAXIM ALLEMANDE

CONSIDÉRABLEMENT ALLÉGÉE, MUNIE D'UNE CROSSE PERMETTANT A L'HOMME DE L'ÉPAULER ET D'UNE FOURCHE-SUPPORT SERVANT A PRENDRE APPUI SUR LE SOL, CETTE ARME EST AUJOURD'HUI UTILISÉE PAR NOS ENNEMIS COMME FUSIL-MITRAILLEUR. ELLE EST CONFIÉE AUX TIREURS D'ÉLITE RÉPARTIS DANS LES TRANCHÉES DE PREMIÈRE LIGNE ET TOUJOURS ABRITÉS DERRIÈRE DES BOUCLIERS D'ACIER



Les Allemands n'ont rien inventé, pas même leur fameuse mitrailleuse dont ils font un emploi intensif sur tous leurs fronts. Ils ont tout simplement apporté quelques modifications à l'engin imaginé par le grand ingénieur anglais, sir Hiram Maxim, mort il y a peu de temps. Transformée en fusil-mitrailleur, la mitrailleuse allemande est évidemment une arme portative redoutable. Son poids a été sensiblement diminué par la suppression de certaines pièces qui n'étaient pas absolument indispensables. L'arme nouvelle pèse 19 k. 400 avec sa fourche, sa crosse et les trois litres d'eau contenus dans le manchon réfrigérant; sa longueur totale, avec le cache-lueurs fixé à l'extrémité du canon, est de 1m.40; sa hauteur, du sol à l'axe du canon, est de 28 centimètres. L'échappement de la vapeur produite, pendant le tir, par l'échauffement de l'eau du manchon réfrigérant, se fait non pas par l'extrémité dudit manchon comme dans la mitrailleuse réglementaire, mais par une petite soupape située à la partie antérieure, soupape à laquelle vient se raccorder un tube d'évacuation se dirigeant vers le sol. Enfin, grâce à une solide bretelle de cuir, l'homme peut porter l'engin en bandoulière.

L'ESPRIT SEUL PEUT-IL GUÉRIR TOUTES LES MALADIES ?

COMMENT LA " CHRISTIAN SCIENCE " DOIT ÊTRE COMPRISE ET APPLIQUÉE

Par le Docteur E. PHILIPON

J'ai exposé à grands traits la médication « Christian scientist ». La question ayant paru captiver beaucoup de lecteurs et de nombreuses demandes de renseignements ayant été adressées à la direction de ce magazine, je me suis cru obligé de revenir une fois encore sur cet intéressant sujet et, au risque de quelques répétitions, de donner sur la « Christian Science » certaines précisions complémentaires. Quelque jour peut-être, si les circonstances le permettent, je parlerai en détail du livre célèbre de Mrs Eddy : Science and Health, *et examinerai alors en particulier les points importants de la doctrine. Pour aujourd'hui, je voudrais me borner à montrer (ce qui nous donnera l'occasion de revoir rapidement l'ensemble de la matière):* 1° *l'utilité et la légitimité de « Christian Science », notamment en tant que thérapeutique nouvelle;* 2° *les résultats obtenus par cette méthode et les moyens nécessaires pour les obtenir.* — Dr E. P.

D'ABORD, l'emploi de « Christian Science » est-il légitime et utile ? Pour répondre par l'affirmative, il n'y a qu'à jeter un coup d'œil sur la médecine usitée de nos jours : impuissance, confusion, obscurité, contradictions de toutes sortes, voilà de quoi elle se compose. Le *Mal* qu'elle pourchasse semble indéfiniment échapper à son étreinte. Les théories succèdent aux théories, les découvertes aux découvertes, et nous ne sommes pas beaucoup plus avancés qu'au premier jour. Sans doute, certaines maladies ont fini par disparaître du cadre nosologique, d'autres sont devenues plus rares ou moins dangereuses, mais des affections nouvelles ont pris la place des anciennes et, somme toute, la *nature* seule du *Mal* a été quelque peu modifiée, sa *quantité* est demeurée la même. D'où vient donc cette insuffisance caractéristique de la médecine traditionnelle? Est-il possible d'en proposer une explication vraisemblable ? Oui, sans doute.

A mon sens, c'est la base du système qui est défectueuse et critiquable, c'est le principe sur lequel il repose qui est frappé d'un vice inhérent à sa nature propre et dont rien ne pourra le délivrer. La médecine actuelle, en effet, considère le *Mal* comme une entité véritable, comme un ennemi réel ; elle ne voit pas qu'une telle conception la condamne fatalement à une stérilité presque complète et qu'en essayant de guérir le « Mal du monde » sur un terrain semblable, elle a assumé une tâche impossible à remplir. A cela, en effet, il y a un obstacle métaphysique insurmontable. L'idée de *Mal* suppose l'imperfection du monde et l'idée de guérir le *Mal* implique que ce monde est susceptible de « perfectibilité ». Or, de quelle manière cette perfectibilité se réalise-t-elle en apparence? L'observation objective nous le montre. L'évolution universelle vers ce que nous pensons être la perfection suprême se produit par l'intermédiaire d'une succession de formes hiérarchisées.

Or le Monde, pris dans son ensemble, a une tendance toute naturelle à précipiter sa marche ascensionnelle, à réaliser le plus vite possible la pleine et absolue conscience de lui-même. Il a une tendance à actualiser la totalité de ses puissances, à dérouler sans interruption la série de ses manifestations phénoménales.

Donc, aussi longtemps que l'on restera dans le domaine des apparences, la solution du problème du *Mal* demeurera impossible ; reconnaître l'existence du *Mal* et poursuivre sa destruction, c'est courir après une chimère inaccessible.

Nous devons donc chercher autre chose si nous ne voulons pas nous soumettre éternellement à notre déplorable Destinée, et le principe sur lequel reposent toutes les sciences qui tendent à améliorer la condition de l'homme doit être impitoyablement rejeté. Mais, par quoi le remplacer ? Peut-on en imaginer un autre? Oui, certes, et c'est celui que nous présente « Christian Science » et qui sert de base à sa thérapeutique transcendentale. Pour « Christian Science », qui rajeunit la vieille conception idéaliste, le *Monde* actuel a toutes les perfections possibles. Il les a toujours eues, il les aura toujours. Il ne va pas de l'Imperfection à la Perfection, de la Matière à l'Esprit, de la Détermination à la Spontanéité ; il est par essence libre, parfait, spirituel et il ne saurait être de nature différente. Pour qui va au fond des choses, n'importe quelle autre idée du *Monde* demeure impossible. Comment comprendre, en effet, qu'un *Monde* puisse être mauvais par lui-même, et comment comprendre, s'il était mauvais, qu'il renfermât en puissance les éléments de sa propre perfectibilité?

Le Monde est bon parce qu'il est, parce que le concept d'existence implique nécessairement le concept de Bonté. Il n'évolue pas au sens propre du mot, puisque toute évolution exclut l'idée de perfection. Il reste immuable comme il est éternel. S'il se dédouble en sujet et en objet, c'est pour mieux se connaître lui-même. Le *pur Esprit* se regarde dans la *matière* comme dans un miroir.

Le *Mal* n'a donc aucune existence réelle ; ce que nous prenons pour lui est une simple création de notre esprit, création survenue dans des conditions mystérieuses et que nous ne parviendrons probablement jamais à connaître, mais dont le caractère nettement illusoire ne saurait faire le moindre doute. Les images abondent dans la littérature « Christian scientist » pour traduire cette irréalité spéciale : c'est un rêve, un mirage, une ombre... Le *Mal* fuit devant la Vérité comme l'obscurité devant la lumière.

Ici, nous nous trouvons sur des fondations solides. Le Progrès est possible, il est même logique et facile. Nous n'avons plus à détruire quelque chose d'indestructible par essence, mais à nous débarrasser purement et simplement d'une illusion sans consistance. L'esprit humain cherche naturellement à retrouver sa véritable nature, à s'identifier de nouveau avec le *Bien suprême* momentanément perdu. Mais il procède d'une manière chaotique, tâtonnante ; il ne réussit pas ou réussit mal dans ses efforts. *La conscience de sa mission et du but qu'il poursuit depuis sa naissance va lui permettre de coordonner ses tentatives et d'arriver plus vite à sa fin dernière.* La médication « Christian scientist » est donc légitime et utile, et c'est ce qu'il fallait démontrer.

Il y aurait quelque naïveté à croire que la mise en œuvre de « Christian Science » va chasser instantanément toutes les infirmités de la nature humaine Le *Mal* revêt des formes multiples et diverses, et certaines d'entre elles stagnent depuis trop longtemps dans l'organisme pour qu'elles puissent en être extirpées par un simple acte de volonté. « Christian Science » exige du travail, beaucoup de travail, une application soutenue, quotidienne et autant que possible une discipline particulière. Mais la personne qui n'hésite pas à se donner entièrement à « Christian Science » en retire presque aussitôt un bénéfice considérable.

Moralement parlant, en effet, les « Christian scientists » sont des gens heureux ; ils se procurent eux-mêmes le bonheur. La conviction qu'ils ont de la non réalité des imperfections humaines leur donne une sérénité extraordinaire, une inaltérable bonne humeur. La Haine, l'Envie, la Crainte, tous les défauts et tous les vices que nous semblons voir sans cesse tourbillonner autour de notre tête ne pénètrent jamais plus dans leur âme, car à aucun moment la moindre place ne leur y est laissée. Peut-on haïr quelqu'un quand on sait que ce quelqu'un est une partie de soi-même ! Que l'altruisme et l'égoïsme se confondent et que dérivant tous de la *Substance*

unique, nous ne pouvons pas faire autrement que de nous aimer.

Au point de vue physique, le résultat de la méthode « Christian scientist » n'est pas moins grand. L'esprit plus ferme rend le corps plus vigoureux ; la maladie a peu de prise sur un organisme en quelque sorte constamment sur ses gardes, où le « tonus » semble toujours être à son maximum ; et si, par aventure, le *Mal* arrive à s'implanter dans la chair, le « Chistrian scientist », par un exercice approprié de sa pensée, parvient le plus souvent à réaliser un soulagement, une amélioration, parfois même une guérison complète.

Tels sont les effets habituels de l'emploi de la médication, ou plutôt de la doctrine « Christian scientist ». Ces effets sont déjà très beaux, mais ils seront sans nul doute largement dépassés dans l'avenir. « Christian Science » est une thérapeutique de longue haleine, et chaque individu, chaque génération devra, comme on dit vulgairement, apporter sa pierre à la reconstruction du grand édifice spirituel.

De la doctrine à la pratique

Voyons maintenant la méthode suivie par les « Christian scientists » pour mettre en pratique leur Doctrine. En réalité, il y a trois manières de méditer sur « Christian Science », trois manières qui se pénètrent, qui se complètent les unes les autres et qui doivent être toutes em-employées.

Ce sont :

1° Le travail individuel, solitaire ;

2° Le travail sous la direction d'un « teacher », d'un « practitioner » ;

3° Le travail en groupe.

Le travail individuel est le plus important de tous. Rien ne le remplace. Mais pour qu'il porte tous ses fruits, il a besoin d'être soumis à certaines règles ; aussi Mrs Eddy, la fondatrice de « Christian Science », a-t-elle établi un plan d'études, une sorte de programme religieusement suivi par les adeptes de la secte nouvelle. Ce programme consiste essentiellement dans la méditation d'un choix de textes tirés de *Science and Health* et de l'*Ecriture*. De cette manière, l'esprit du « Christian scientist », en contact journalier avec la pensée pure, évolue presque sans qu'il s'en aperçoive, vers la perfection supérieure. Peu à peu, en effet, les idées si belles et si hautes qu'il a constamment dans sa conscience, pénètrent à proprement parler dans son substratum organique ; *elles cessent d'être des idées, elles deviennent des sentiments et des tendances.* A force de penser à une chose, l'esprit arrive à faire corps avec cette chose, et la Pensée reste le plus divin instrument de l'univers.

Mais ces questions métaphysiques et religieuses paraissent bien souvent un peu subtiles à qui n'en a pas l'habitude ; fréquemment, le débutant a quelque peine à se les bien assimiler. De là la deuxième manière de se perfectionner en « Science ». On ajoute au travail solitaire un travail spécial dirigé par des personnes particulièrement compétentes, qui se chargent de guider les premiers pas du néophyte, qui lui mâchent la besogne et qui lui évitent ainsi les retards, les incertitudes et les découragements des premiers jours.

En cas de maladie, notamment, le rôle de ces « directeurs » de conscience a une importance considérable car, trop souvent, hélas ! l'esprit du malade ne semble plus avoir sa liberté entière, et il a besoin de quelqu'un qui tente de faire pour lui les réalisations nécessaires.

Nous arrivons maintenant au « travail en groupe », à l'étude collective de « Christian Science ». C'est un fait remarquable, en effet, que plusieurs personnes obtiennent par la méditation commune des résultats qu'elles ne sauraient acquérir par la seule méditation individuelle. Quel en est le mécanisme ? L'explication n'est pas commode à donner, mais le fait en lui-même, semble indiscutable. Peut-être se forme-t-il dans une réunion de cette sorte, une *conscience collective* composée de toutes les consciences individuelles présentes, un *nouvel être* transitoire sans doute, mais qui, pendant son existence éphémère, a le pouvoir de réaliser des choses inaccessibles à chaque intelligence prise en particulier. Ce qui pourrait donner une manière de vraisemblance à une théorie de ce genre, c'est le fait (hors de doute à l'heure actuelle), que tous les organismes émettent des radiations spéciales, des rayons « biactiniques » qui *lient* pour ainsi dire les individus réunis en groupes, donnant pour quelque temps, à leur collectivité, une *personnalité* véritable et supérieure. En tout cas, les « Christian scientists » qui ont éprouvé bien des fois la puissance de

la méditation commune, cherchent-ils se réunir le plus souvent possible. Pour cela, ils ont formé des associations particulières, sortes d'églises (indépendantes, entre elles, mais dépendant toutes d'une église-mère, celle de Boston) et ils se rencontrent à jour dit, en des manières de meetings, où l'un des membres de l'association, le « seader », lit à haute voix certains fragments de *Science and Health* et de la Bible; après quoi, toutes les personnes présentes se livrent à une méditation profonde de quelques minutes. J'ajoute qu'à la fin de ces réunions, chaque « scientist » fait part à ses coreligionnaires des cas de guérison obtenus par la méthode nouvelle, et ces cas, parfois discutables ou insignifiants, sont, en d'autres circonstances, extrêmement importants et suggestifs.

Voilà, en somme, réduite à ses grandes lignes, la manière d'appliquer la « médication Christian scientist ». Je ne nie pas qu'à certains esprits, elle ne puisse paraître un peu étrange. Il faut, en effet, un certain temps de réflexion et d'études pour la voir sous son véritable jour. Nous sommes trop esclaves de l'*objet* pour que nous puissions nous soustraire facilement à son influence, et toute tentative de cette nature ne laisse pas que de paraître un peu téméraire.

Et pourtant !... qui ne sent qu'à l'heure actuelle la souveraineté de la *Matière* craque de toutes parts? Je n'en veux pour preuve que le développement extraordinaire pris dans ces dernières années par les diverses sciences dites psychiques. L'Inconnu et le Mystère sont à l'ordre du jour. Les faits les plus anormaux, les plus étranges, sont ardemment examinés, interprétés, discutés. Bien des savants — et non des moindres — ne cessent de se pencher avec passion sur ces obscurs problèmes de la Destinée humaine. C'est ainsi, pour ne citer que quelques noms entre mille, que Ch. Richet étudie les phénomènes de télépathie et de matérialisation ; de Rochas, l'extériorisation de la sensibilité ; Myers, Lodge, les phénomènes si troublants de la survivance. Des littérateurs, des philosophes, de leur côté, apportent leur contribution à ces mystérieuses recherches, et, parmi eux, il y aurait quelque injustice à ne pas citer Maeterlinck et Boirac, l'un et l'autre, depuis plusieurs années semblant réserver à l'étude des sciences psychiques la plus grande partie de leur activité mentale.

« Christian Science » ne se présente donc pas comme une chose incongrue, sans relations avec les autres branches de la connaissance. Bien au contraire, elle correspond à une tendance caractéristique de la Pensée contemporaine. Ce qui la distingue des autres « sciences » de même nature, c'est un certain caractère d'*apriorité*, un certain dédain de l'expérience et des données sensibles ; mais le fossé est-il aussi profond qu'il le paraît à première vue, et les diverses sciences psychiques, si distinctes en apparence, ne pourraient elles se ramener à « Christian Science » ou plutôt s'expliquer par le principe qui se trouve à la base de « Christian Science » ? C'est une question que résoudra probablement l'avenir.

J'arrête ici ce nouvel et bref exposé de la doctrine « Christian scientist », et, en terminant, je m'excuse auprès du lecteur de l'aridité et de la sécheresse de plusieurs parties de cet article. « Christian Science » est une doctrine complexe et délicate ; mais que celui qui serait tenté d'employer cette méthode ne s'afflige pas à l'avance : on arrive toujours tôt ou tard à la bien comprendre.

Comme les colombes symboliques du plus divin des philosophes, les *Idées* s'envolent tumultueusement quand, pour la première fois, on pénètre au milieu d'elles, mais, rassurées bien vite, elles ne tardent pas à se poser les unes après les autres, et le visiteur, émerveillé, peut alors contempler tout à son aise les finesses exquises de leurs contours et l'éblouissante blancheur de leurs ailes.

Dr E. Philipon.

LE PROBLÈME DE L'ATTERRISSAGE DES AÉROPLANES

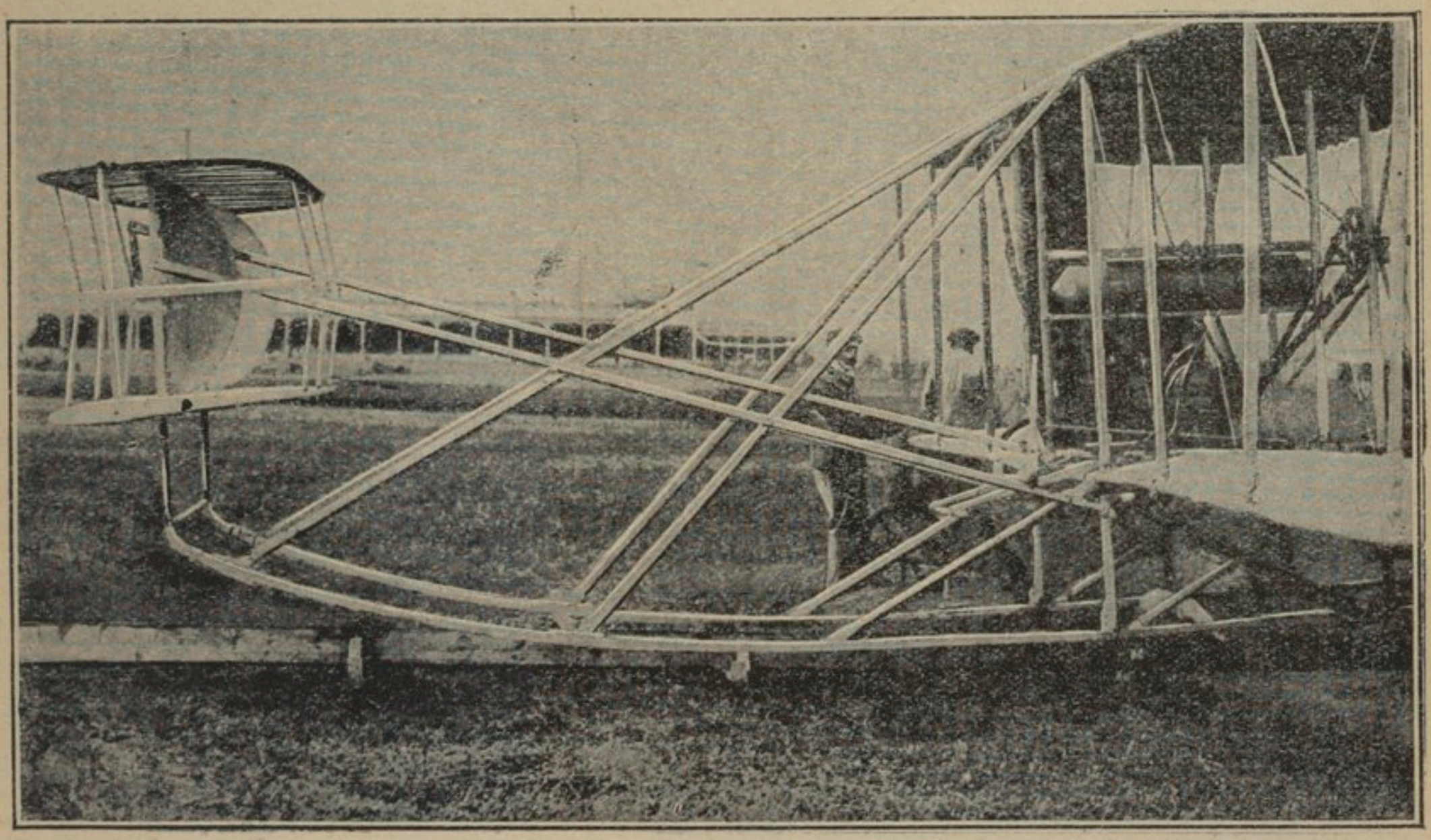
Par Jean FONTANGES

INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR DE MATÉRIEL AÉRONAUTIQUE

Un aéroplane, pour prendre son essor, roule d'abord sur le terrain, puis s'envole ; quand, sa mission accomplie, il vient reprendre contact avec le sol, il roule également sur une distance plus ou moins longue entre le moment où il touche terre et celui où il s'arrête définitivement.

Pour le départ comme pour l'atterrissage, tout aéroplane doit donc être pourvu d'un châssis porteur comportant plusieurs roues et parfois des patins et dont la construction, avant d'être entreprise, exige une étude préalable, sérieuse et approfondie. Un bon châssis porteur n'est pas d'une réalisation aussi simple qu'on est tenté de le croire. Il faut réunir un ensemble de qualités souvent incompatibles, telles que légèreté, solidité, faible encombrement, etc... ; il faut réduire au minimum les dimensions du bâti afin d'offrir la moindre résistance à l'air tout en assurant au châssis de bonnes qualités de roulement, toute l'élasticité nécessaire, une souplesse et une stabilité suffisantes.

Un aéroplane ne s'envole que lorsqu'il a acquis la vitesse nécessaire à sa sustentation dans l'air. On a réussi à réduire dans de notables proportions la distance qu'il lui faut ainsi franchir en roulant, mais on n'est pas encore parvenu, et on ne parviendra sans doute jamais, à la supprimer complètement. Les premiers aéroplanes devaient rouler jusqu'à 500 mètres avant de prendre leur vol ; les avions actuels décollent en moins de 20 mètres. A l'atterrissage, un bon pilote



L'AVION DE WILBUR WRIGHT MUNI DE PATINS DESTINÉS A FACILITER L'ATTERRISSAGE

On sait que le premier aéroplane que les frères Wright expérimentèrent en France prenait son essor au moyen d'un rail de lancement. Cette solution était peu pratique en ce sens que l'aéroplane, s'il venait à atterrir hors de l'aérodrome, ne pouvait partir par ses propres moyens. Elle fut abandonnée par les Wright eux-mêmes, qui trouvèrent mieux par la suite.

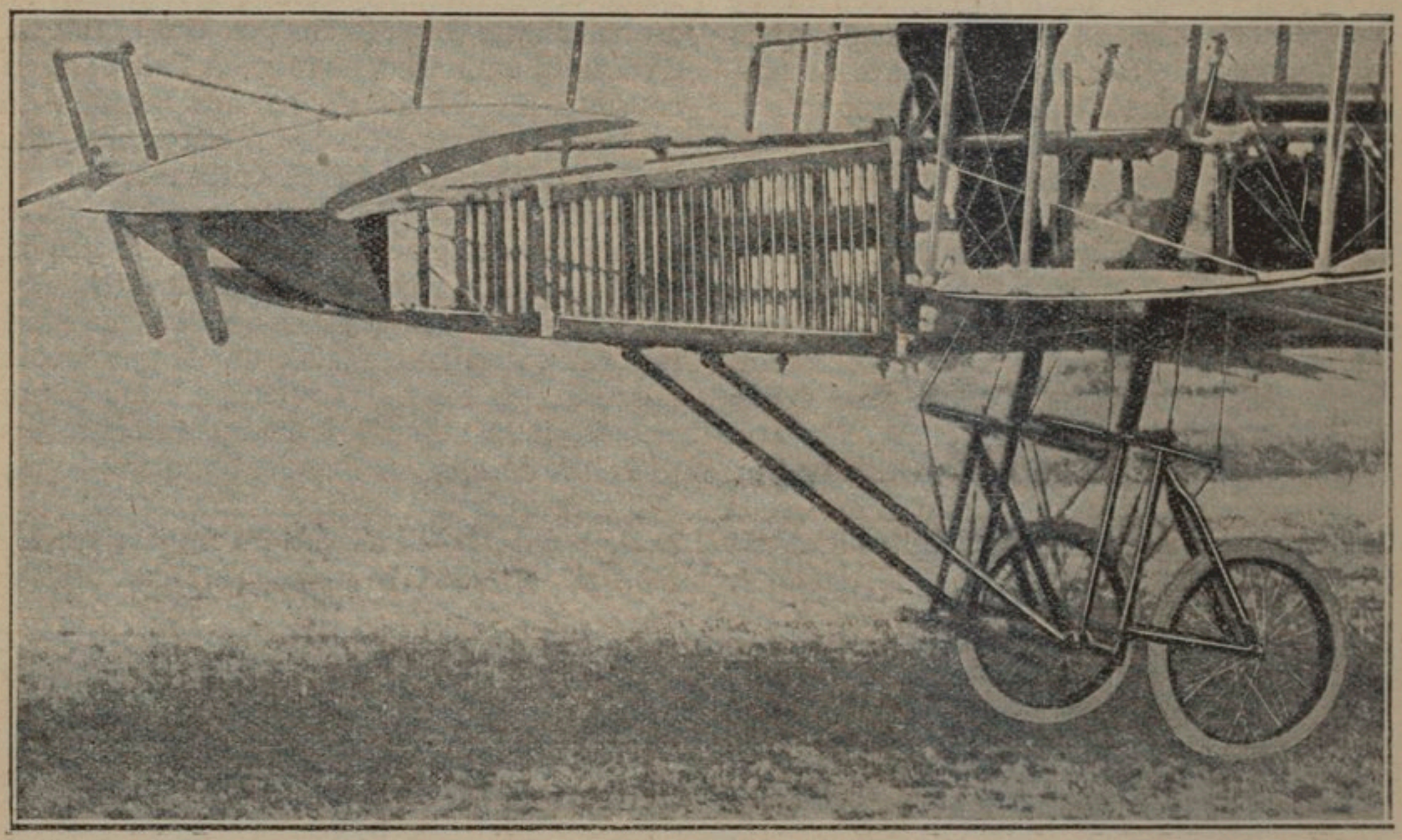
immobilise son appareil à 30 ou 40 mètres du point où les roues ont repris contact avec le sol. On a donc fait dans cette voie un progrès considérable et très intéressant.

L'atterrissage n'est d'ailleurs pas uniquement une question d'appareil ; la façon dont il est effectué dépend beaucoup aussi de la valeur du pilote. Partir et atterrir sont les deux points les plus importants de l'apprentissage d'un aviateur. Comme celui qui sait monter et descendre de machine sait aller en bicyclette, l'élève-pilote qui décolle et atterrit convenablement sait conduire son appareil. C'est un fait incontestable.

Par ailleurs, la question du châssis d'atterrissage a pris plus d'importance à mesure que se développait l'emploi de l'aéroplane. Quand les avions se bornaient à effectuer des vols d'essais au-dessus d'un aérodrome, un châssis quelconque suffisait à assurer l'atterrissage d'un appareil sur ces terrains aplanis et tout préparés à le recevoir. Par contre, si une panne survenait à l'avion en dehors des limites de l'aérodrome, c'était presque toujours le capotage certain dans les sillons ou les hautes herbes d'un champ voisin. Quand l'aviation militaire a commencé à se révéler, on s'est aperçu qu'il fallait avant tout pourvoir l'avion de guerre d'un châssis porteur qui lui permette de se poser et de repartir dans les terrains les plus défavorables. C'est pourquoi l'une des clauses du premier concours d'aviation militaire, qui eut lieu à Reims en octobre 1911, spécifiait que les appareils présentés devaient *pouvoir atterrir facilement dans les terres labourées, luzernes, prairies et chaumes, et pouvoir en repartir par leurs propres moyens.*

Bien qu'à cette époque, la vitesse des avions ne dépassât guère 90 à 100 kilomètres à l'heure, l'épreuve d'atterrissage fut pour les concurrents l'une des plus difficiles et beaucoup y échouèrent. Aujourd'hui où nos avions de chasse atteignent et dépassent le 200 à l'heure, les atterrissages réussissent presque toujours — à l'exception de ceux qui sont effectués en *terrain labouré* — en dépit des difficultés de pilotage que présente l'arrivée au sol de ces véritables bolides. C'est parce que nos pilotes ont acquis une virtuosité remarquable dans le maniement de leurs appareils et aussi parce que les châssis porteurs ont été considérablement améliorés en ces dernières années.

La question du châssis d'atterrissage a donné lieu à tant de solutions intéressantes que nous devons nous excuser de n'aborder ici qu'une très faible partie du problème,



CHASSIS D'ATTERRISSAGE DES PREMIERS AVIONS DU CONSTRUCTEUR VOISIN

Ce châssis figurait en 1908 sur l'un des premiers aéroplanes de Delagrange. Entièrement en tubes d'acier, il était lourd et volumineux ; en dépit des ressorts puissants dont il était pourvu, son pouvoir amortisseur était bien inférieur à celui du châssis actuel.

en délaissant une foule de modèles qui, à des titres divers, mériteraient d'être décrits.

Les châssis porteurs peuvent être classés en trois catégories bien distinctes :

1° Les châssis munis de roues ;

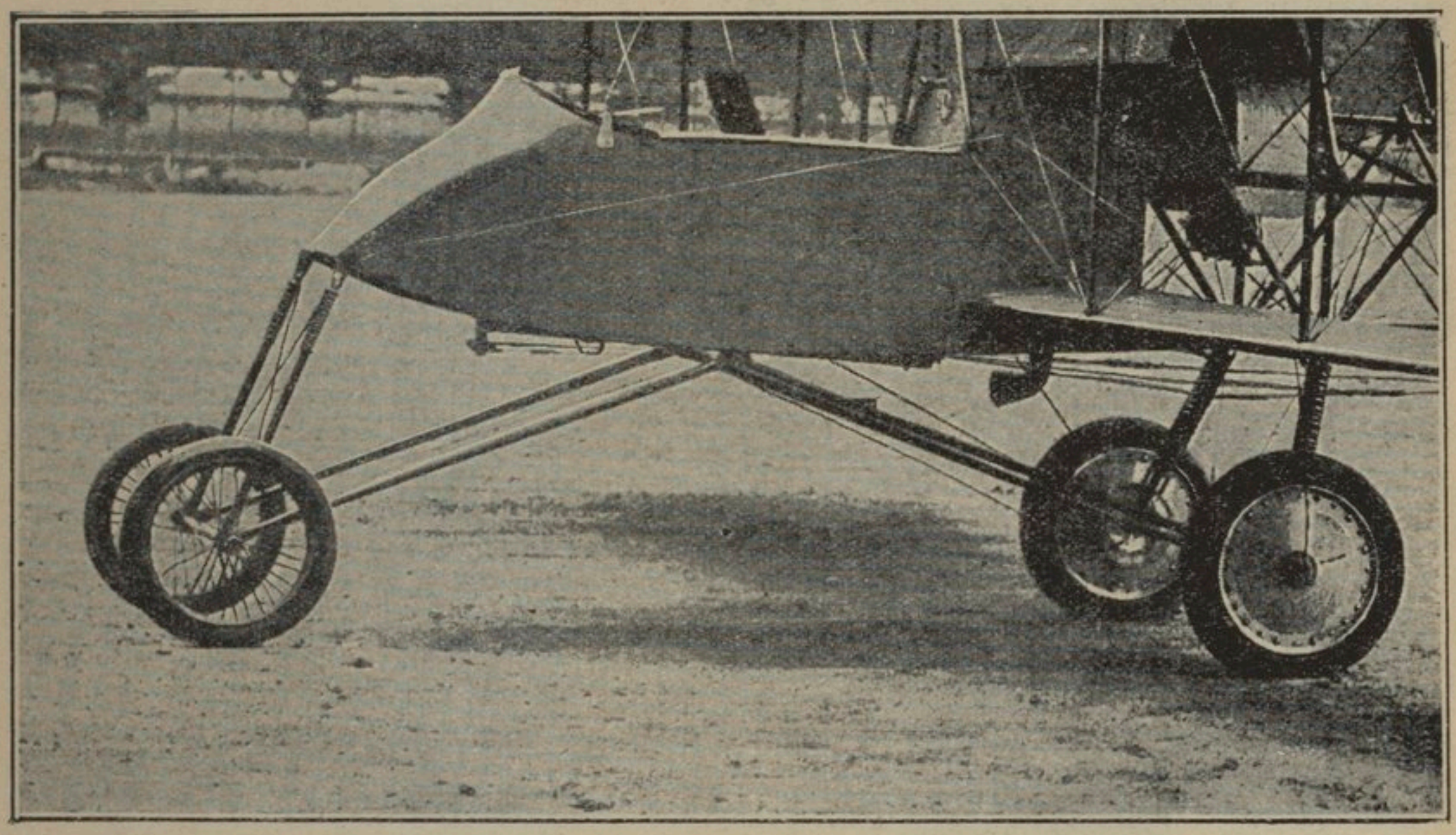
2° Les châssis munis de patins ;

3° Les châssis mixtes à roues et à patins.

Les premiers aéroplanes, ceux de 1908, étaient pourvus d'un châssis à roues ; leur poids et l'imperfection des moteurs dont ils étaient munis furent les principales raisons qui limitèrent l'étendue et la hauteur des vols

Par la suite, quelques constructeurs, séduits par la légèreté du système à patins, voulurent y avoir recours pour assurer le départ de leurs avions. Ils pensaient que, sans disposer d'un rail de lancement, simplement en faisant glisser l'appareil sur le sol suffisamment aplani, au lieu de le faire rouler, l'avion pourrait acquérir la vitesse nécessaire à son envol. Mais le freinage était trop fort, la résistance trop grande.

Quelques essais de châssis à patins furent cependant couronnés de succès ; ils eurent



CHASSIS PORTEUR D'UN APPAREIL VOISIN DE BOMBARDEMENT

Depuis 1908, la question de l'atterrissage a fait de notables progrès. L'avion Voisin, dont les opérations de bombardement ont été si souvent couronnées de succès, comporte actuellement un châssis dont la robustesse est la qualité essentielle.

de Farman et de Delagrange à une époque où Wright volait déjà sur une distance de 100 kilomètres à près de 100 mètres de haut. Le poids du châssis d'un biplan Voisin était approximativement de 60 kilos, tandis que l'aéroplane à lui seul pesait environ 530 kilos. Le châssis du Voisin était en tubes d'acier ; il comprenait deux roues espacées l'une de l'autre de 1 m. 40. Pour permettre les atterrissages par vent latéral, ces roues étaient orientables dans le sens de la marche. Wright, on se le rappelle, utilisait des patins qui servaient seulement à l'atterrissage, le départ ayant lieu au moyen d'un rail de lancement. Les patins étaient suffisamment élastiques pour amortir parfaitement les chocs au point qu'ils n'étaient même pas sensibles pour le pilote.

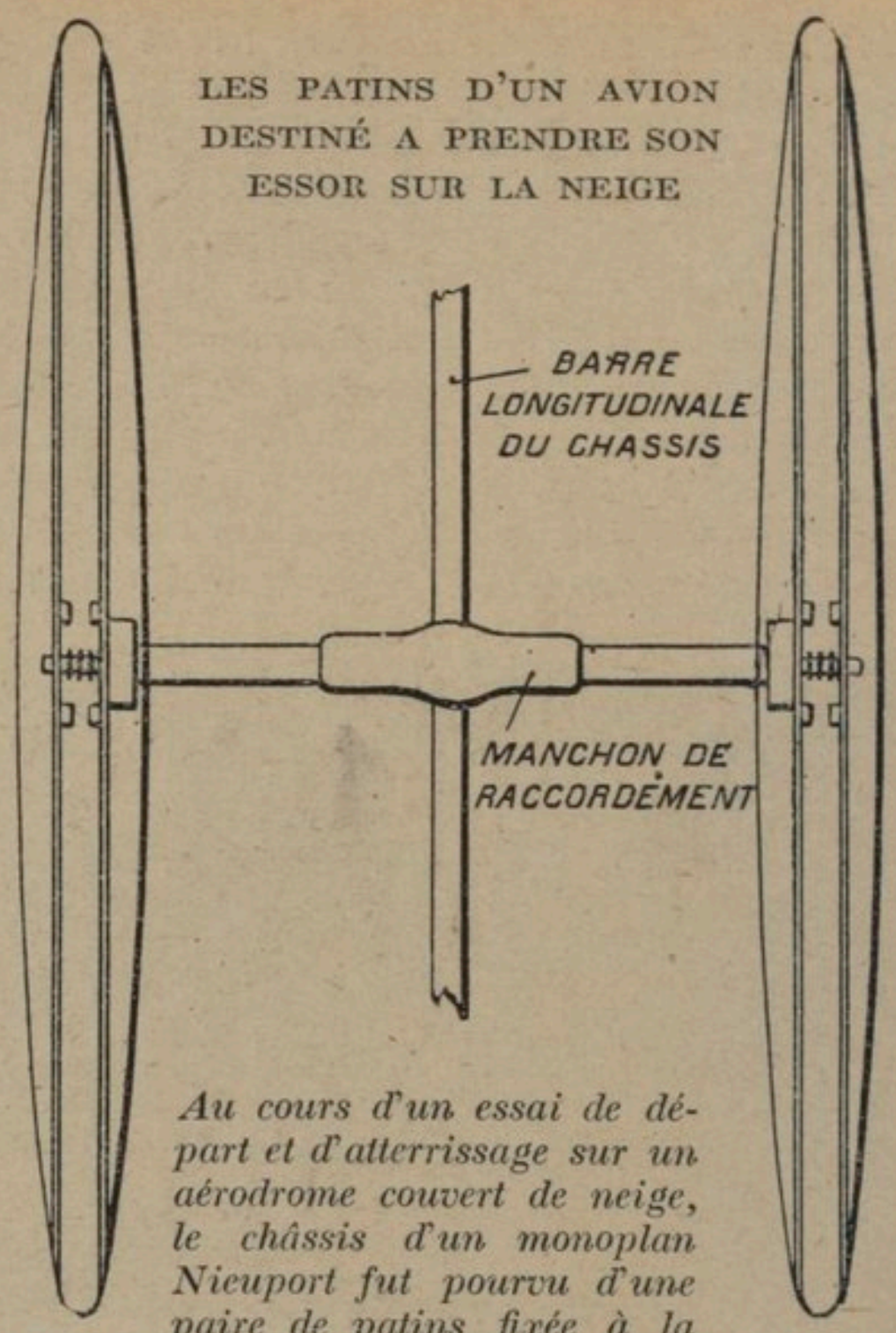
lieu sur la neige, à l'aérodrome de Moscou. Dès que la neige atteint une certaine épaisseur, il est, en effet, impossible de faire partir un aéroplane pourvu de roues. Le déblayement de l'emplacement nécessaire aux évolutions de l'avion ne présente pas plus de valeur pratique que n'en avaient le pylône de Wright ou le nivellement du sol des aérodromes. C'est pourquoi le directeur d'une école d'aviation russe songea à munir ses avions d'une paire de skis, fixés à la place des roues. Le départ sur la neige s'effectuait alors très facilement ainsi d'ailleurs que l'atterrissage. La résistance à l'avancement n'était guère plus grande qu'avec les roues. (Voir le schéma à la page 268).

Mais ce dispositif particulier aux steppes neigeuses n'était pas applicable pour nos

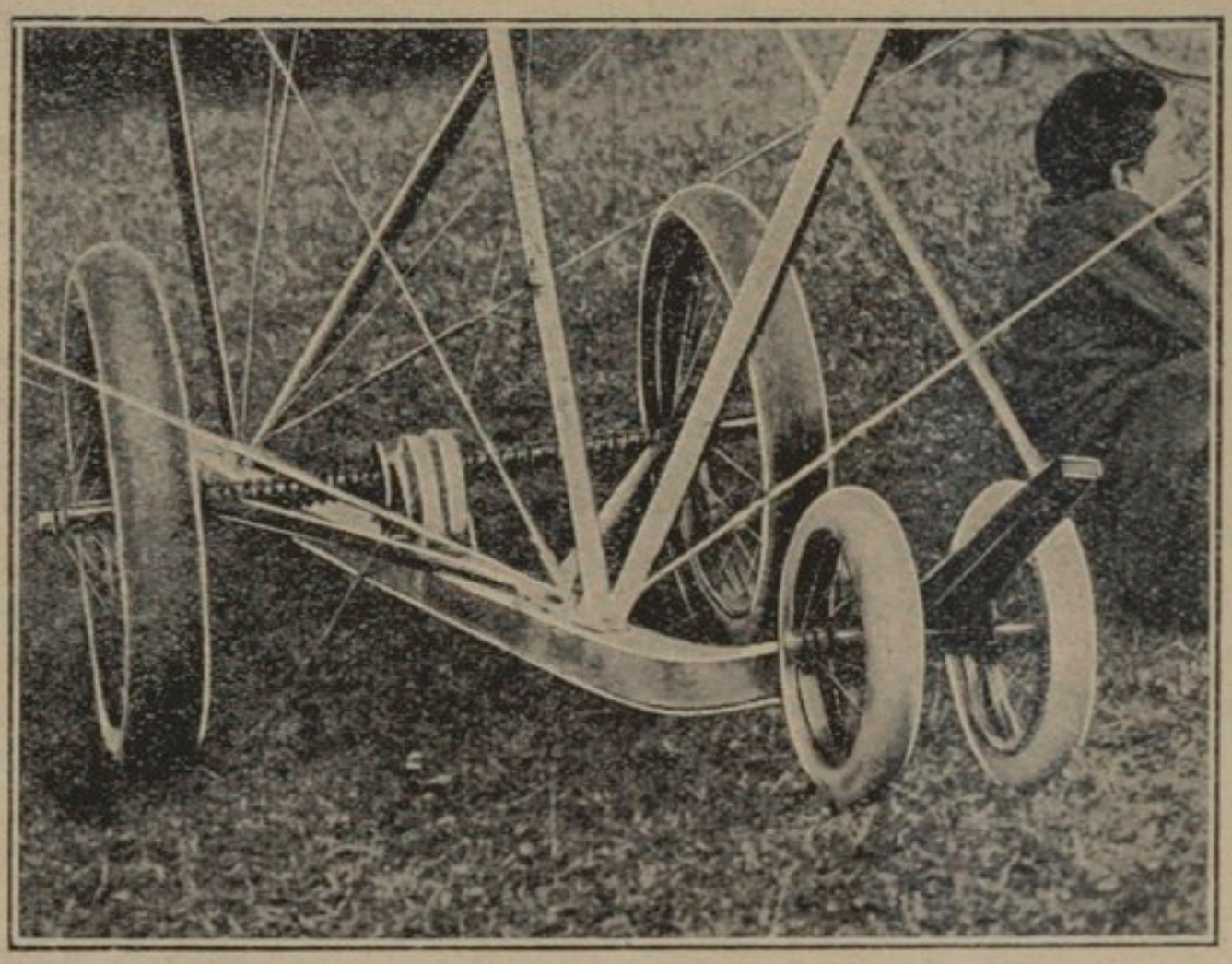
contrées ; il fut abandonné, en Europe occidentale du moins. C'est alors qu'on vit apparaître le système mixte, composé de roues et de patins. La firme Antoinette fut l'une des premières à l'avoir adopté. Le châssis comportait deux roues caoutchoutées, un patin et une crosse arrière. Le patin faisait partie d'un cadre à suspension élastique et formait saillie à l'avant de l'appareil, disposition qui, en cas d'atterrissage brusque ou même de capotage, protégeait efficacement l'hélice. Les roues, relativement peu écartées l'une de l'autre, étaient montées sur un amortisseur constitué par un tube pneumatique dans lequel on compressait de l'air à une pression suffisante pour supporter tout le poids de l'appareil. L'ensemble avait un réel pouvoir amortisseur et si l'atterrissage était un peu dur, le patin, très résistant, absorbait une partie des chocs.

Le châssis mixte expérimenté avec succès sur les appareils Antoinette fut ensuite essayé par Farman, qui en munit tous ses biplans. Le châssis Farman était caractérisé par sa charpente en tétraèdre dont le sommet venait s'ajuster sur les longerons du plan inférieur,

LES PATINS D'UN AVION DESTINÉ A PRENDRE SON ESSOR SUR LA NEIGE



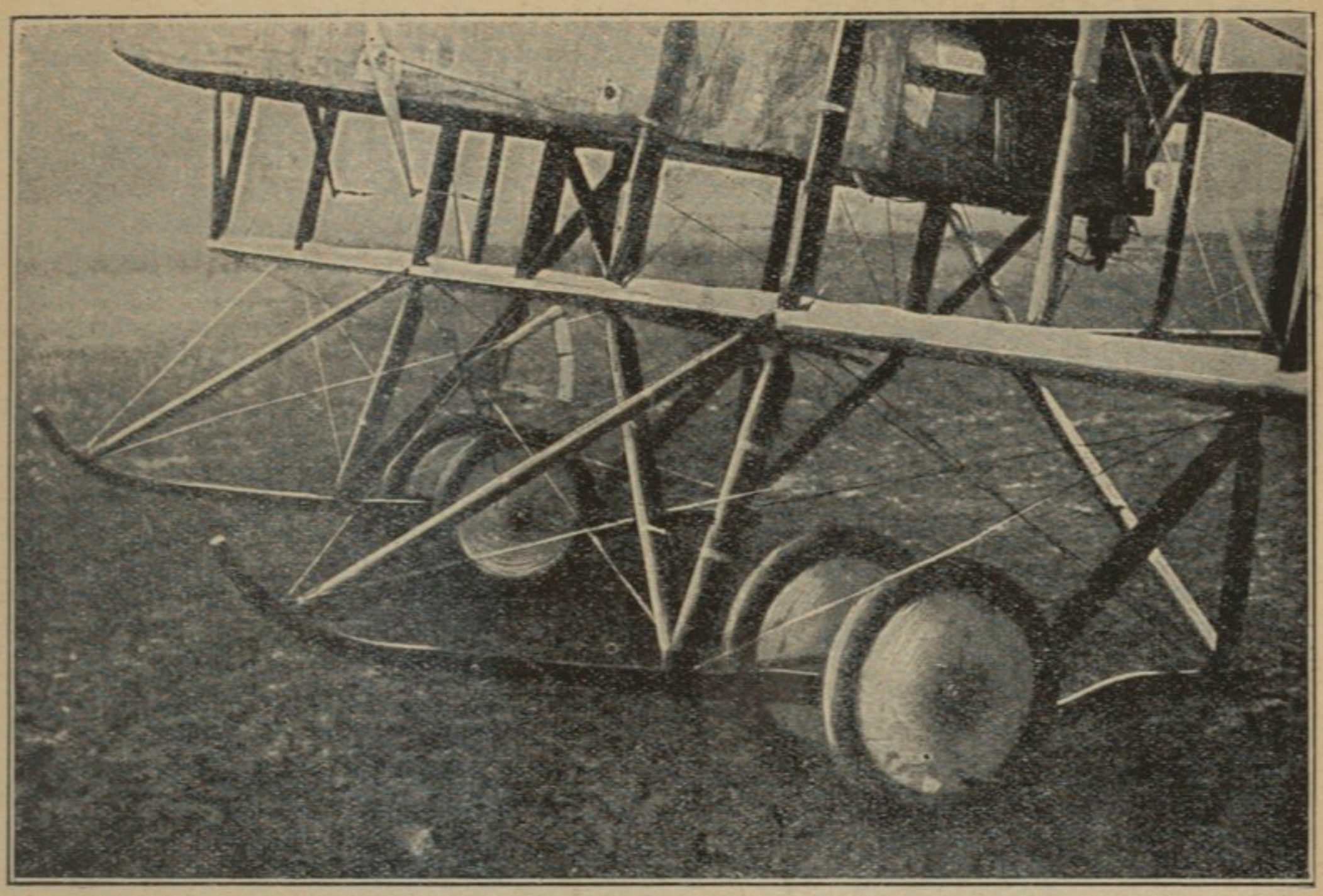
Au cours d'un essai de départ et d'atterrissage sur un aérodrome couvert de neige, le châssis d'un monoplan Nieuport fut pourvu d'une paire de patins fixée à la place des roues. Ces patins, dont la forme se rapprochait que celle des skis, donnèrent des résultats qui furent jugés satisfaisants.



LA PARTIE DROITE DU CHASSIS D'UN AVION HENRI FARMAN, TYPE CONSTRUIT EN 1910.

Les deux roues principales étaient symétriquement reliées au patin central par un groupe d'anneaux caoutchoutés. Les deux petites roues avant contribuaient à restreindre, à l'atterrissage, les risques de capotage.

Deux des faces du tétraèdre, formées par des tubes d'acier, reposaient sur des patins reliés chacun à une paire de roues au moyen d'un joint élastique. Ce joint élastique était constitué par des anneaux de caoutchouc au travers desquels passait l'essieu des roues. Chaque patin se relevait à l'avant et, sur certains modèles, était pourvu de deux petites roues auxiliaires, d'un diamètre très inférieur à celui des roues porteuses. Elles facilitaient le roulement au moment du départ et contribuaient à restreindre, à l'atterrissage, les risques de capotage. L'emploi des anneaux caoutchoutés était très avantageux. Chaque paire de roues était reliée au patin correspondant par trois groupes de deux anneaux, chacun de ces groupes présentant une résistance à la traction de 500 kilos. En cas de choc très violent, les roues n'étaient pas écrasées parce que les caoutchoucs cédaient en dépit de leur résistance et que leur rupture amenait les patins en contact avec le sol. Plus tard, Farman modifia son châssis porteur en vue de l'alléger, mais il conserva sur les modèles suivants les anneaux élastiques qui, d'ail-



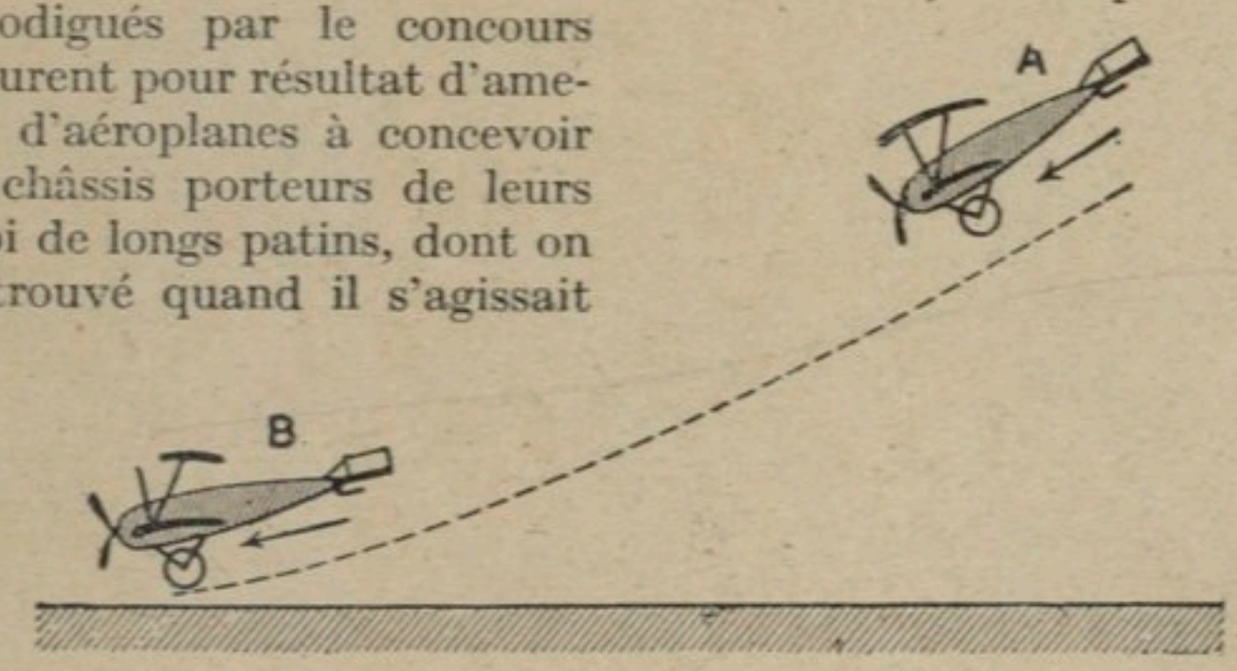
CHASSIS D'ATTERRISSAGE D'UN « FARMAN » AFFECTÉ AUX RÉGLAGES D'ARTILLERIE

Le châssis de l'avion Farman, actuellement en usage sur le front, comprend deux groupes de patins comportant chacun deux roues caoutchoutées à joue pleine. Ce sont des anneaux de caoutchouc qui amortissent dans une très large mesure les chocs à l'atterrissage.

leurs, furent adoptés un peu plus tard par la majeure partie des constructeurs.

L'accroissement de vitesse réalisé par les avions en ces toutes dernières années et les enseignements prodigués par le concours militaire de 1911 eurent pour résultat d'amener les fabricants d'aéroplanes à concevoir différemment les châssis porteurs de leurs appareils. L'emploi de longs patins, dont on s'était très bien trouvé quand il s'agissait de décoller et d'atterrir sur un aérodrome, ne répondait plus aux besoins des avions militaires. Ceux-ci venant atterrir sur des terrains herbeux capotaient avec une facilité et une fréquence désespérantes, parce que les patins s'accrochaient aux herbes dès que celles-ci étaient un peu hautes, déterminant un arrêt brusque de l'avion et, par suite, son retournement. On a donc été obligé de restreindre de plus en plus l'importance des patins et la plupart des avions actuels en sont totalement démunis. En ce qui concerne les avions français. les patins ont été remplacés par de petites crosses prolongeant le bâti horizontal du châssis et encore, ces crosses ne figurent-elles que sur quelques types, dont les Caudron et les Farman, appareils quelque peu lourds et lents.

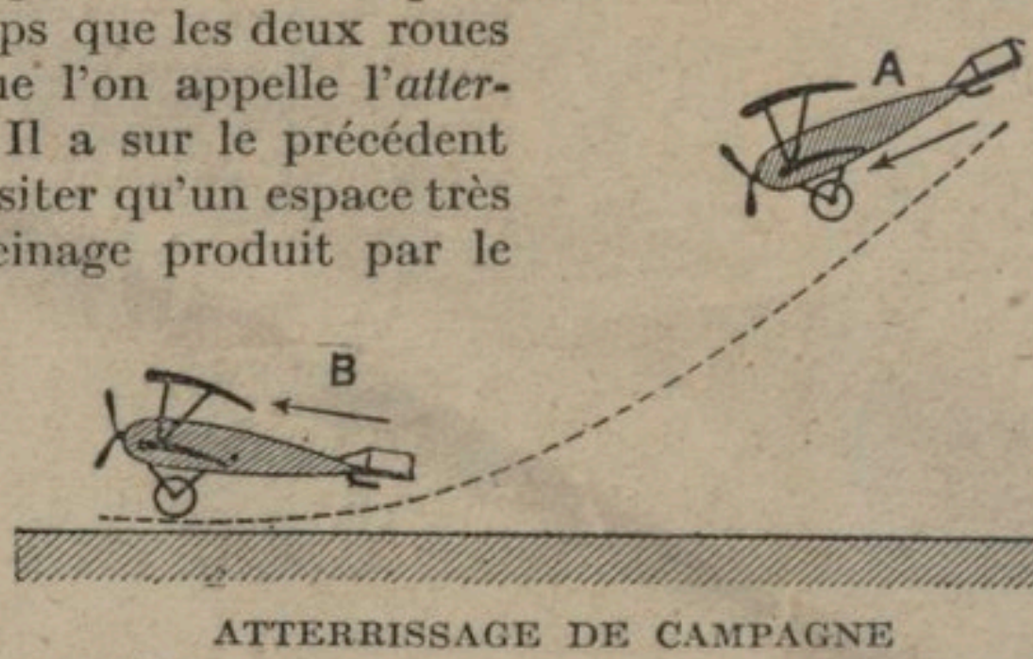
Certains appareils comme les Blériot et les Morane, par exemple, atterrissent toujours sur les deux roues avant, la béquille arrière qui supporte la queue ne venant en contact avec le sol que lorsque la vitesse de l'avion est très sensiblement réduite, c'est-à-dire quelques mètres seulement



ATTERRISSAGE SUR LES DEUX ROUES

L'avion descend en position inclinée du point A *jusqu'au point* B. *Il atterrit sur les deux roues avant, la béquille arrière qui supporte la queue ne venant en contact avec le sol que quelques mètres seulement avant l'arrêt final.*

avant l'arrêt final. D'autres, comme les Nieuport, atterrissent sur les *trois points*, c'est-à-dire que la béquille arrière se pose à terre en même temps que les deux roues porteuses; c'est ce que l'on appelle l'*atterrissage de campagne*. Il a sur le précédent l'avantage de ne nécessiter qu'un espace très restreint, l'effet de freinage produit par le frottement de la béquille arrière étant suffisant pour arrêter l'appareil en quelques mètres. Par contre, il exige de la part du pilote une habileté plus grande; si l'aviateur a mal calculé la hauteur à laquelle il doit redresser son appareil, il risque d'*emboutir* son châssis, soit que l'avion n'ait pas été redressé à temps, soit qu'il l'ait été trop tôt. En atterrissant sur les roues, on n'est pas exposé à ce mécompte, à condition toutefois que l'inclinaison de l'appareil ne soit pas exagérée.

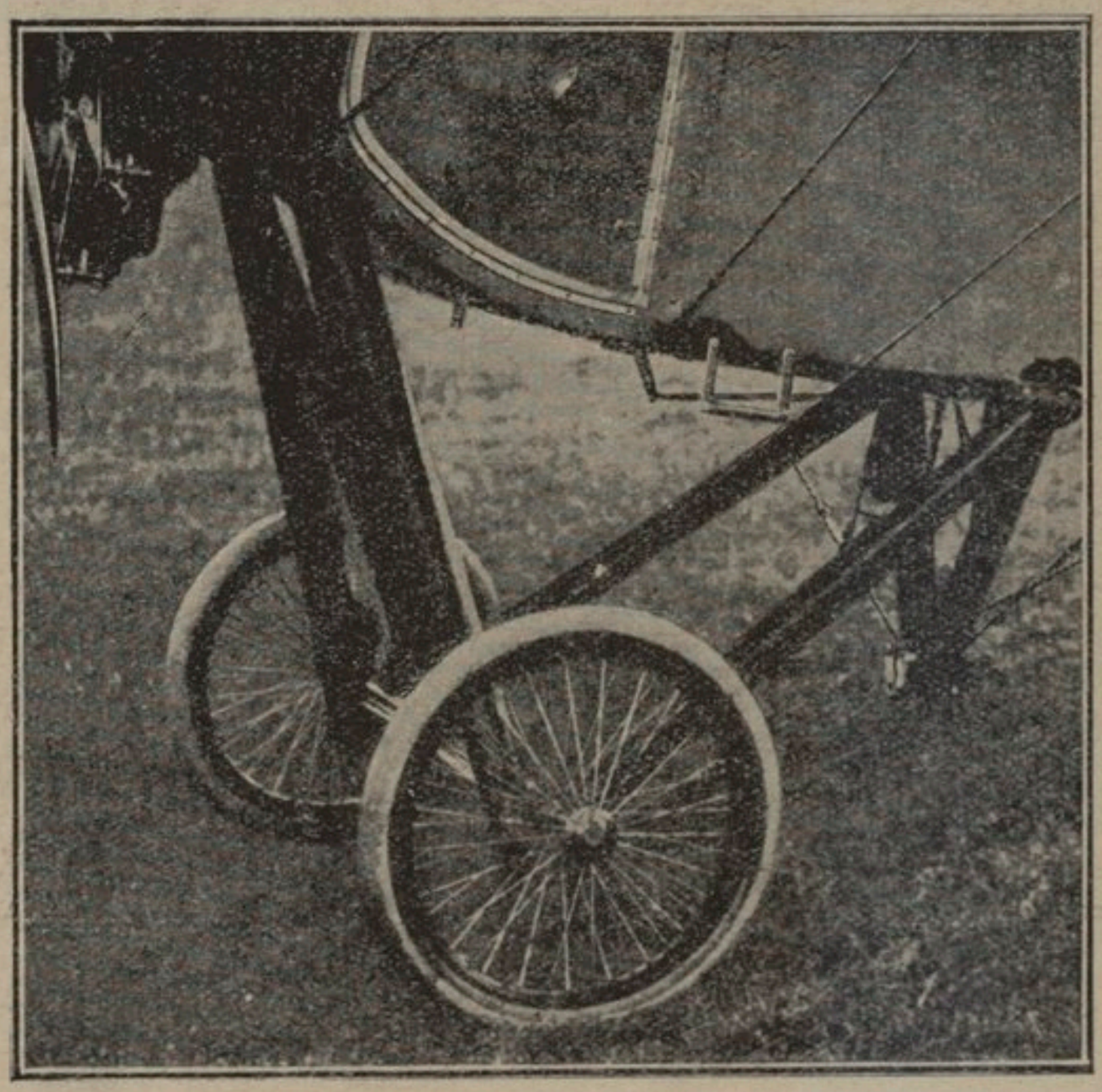


ATTERRISSAGE DE CAMPAGNE

Descendant en position inclinée, A, *l'avion n'est redressé qu'au moment d'atterrir,* B. *L'avion est alors légèrement cabré et la béquille arrière se pose à terre en même temps que les deux roues porteuses.*

Le mode d'atterrissage adopté dépend en grande partie du centrage de l'appareil.

Les constructeurs ont donc muni leurs appareils de châssis différents suivant les caractéristiques présentées par les avions et surtout suivant l'usage auquel ils sont destinés. Pour les avions français, on nous permettra d'esquisser rapidement la description du châssis porteur des avions Voisin, Farman et Nieuport, puisque ces trois types ne présentent plus aucun secret pour les Allemands. Ces trois types d'avions sont utilisés dans trois buts différents. Le premier, le Voisin, est, ou plus exactement était, surtout destiné aux bombardements; le second, le Farman, remplit le rôle d'avion de reconnaissance et de réglage d'artillerie; le troisième, le Nieuport, est l'engin de combat auquel beaucoup de nos *as*, parmi les plus fameux, doivent la plupart de leurs victoires.



LES ROUES PORTEUSES DU MONOPLAN MORANE

Cette solution du châssis sans patins a été adoptée, dans son principe essentiel, pour les principaux types d'avions de chasse. La simplicité de lignes n'a pas été obtenue au détriment de la solidité.

Le châssis d'atterrissage du biplan Voisin comporte quatre roues caoutchoutées montées sur un bâti en tubes d'acier, extrêmement résistant. Les deux roues centrales sur lesquelles se répartit presque tout le poids de l'appareil sont en tôle d'aluminium emboutie. Les deux roues avant sont du type courant, pourvu de rayons métalliques. Le tout est muni d'amortisseurs très efficaces et présente plusieurs particularités intéressantes. Parmi celles-ci, nous insisterons sur un système de freinage qui fut adopté sur les premiers biplans militaires et abandonné par la suite. Il assurait à l'appareil, lorsqu'il se déplaçait sur le sol, une maniabilité remarquable. Chaque roue centrale était pourvue d'un frein puissant; le pilote était ainsi à même d'arrêter son avion sur une très faible distance et comme les freins pouvaient agir séparément sur chaque roue, aussi bien que sur les deux à la fois, il lui était possible de le diriger, en agissant

alternativement sur chaque frein et de faire virer l'appareil dans un rayon très petit. Mais ce dispositif de freins indépendants avait le défaut d'être d'une manœuvre trop délicate et d'engager trop facilement l'appareil dans d'interminables zig-zags. Le type actuel est également muni d'un frein, mais celui-ci agit sur les deux roues à la fois. Le biplan Voisin atterrit sur les deux roues principales; les deux roues avant assurent la réussite de l'atterrissage en mettant l'appareil dans l'impossibilité de capoter. L'empennage arrière ne repose pas sur le sol, mais on a prévu néanmoins une petite béquille fixée sous le gouvernail de direction pour le cas où un atterrissage défectueux mettrait celui-ci en contact avec le sol. C'était d'une prudence élémentaire.

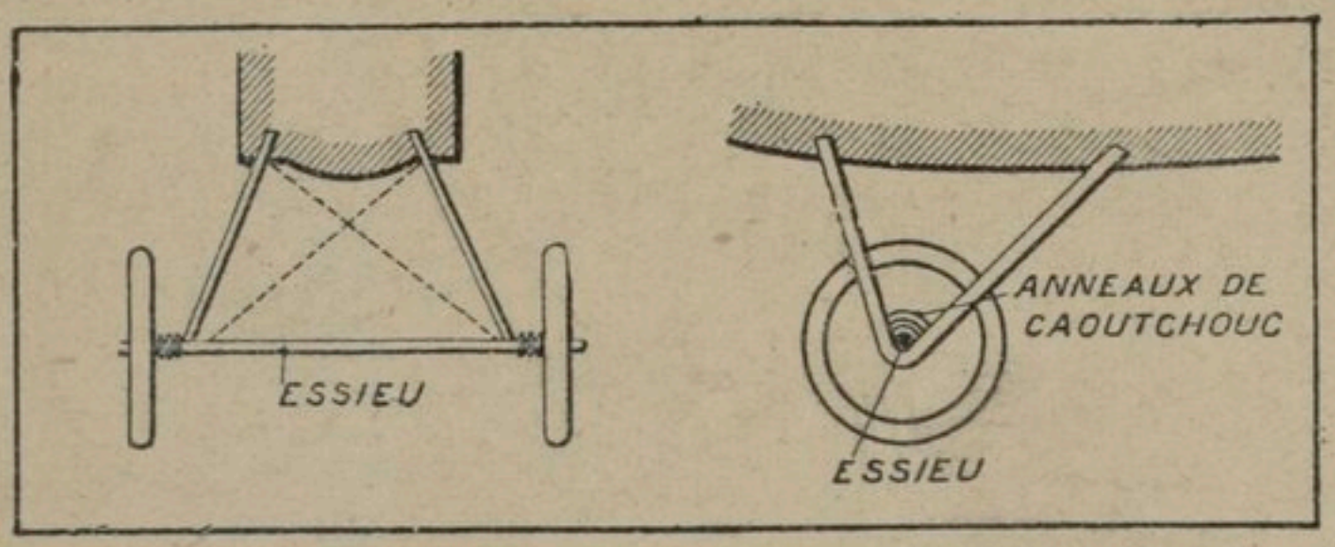
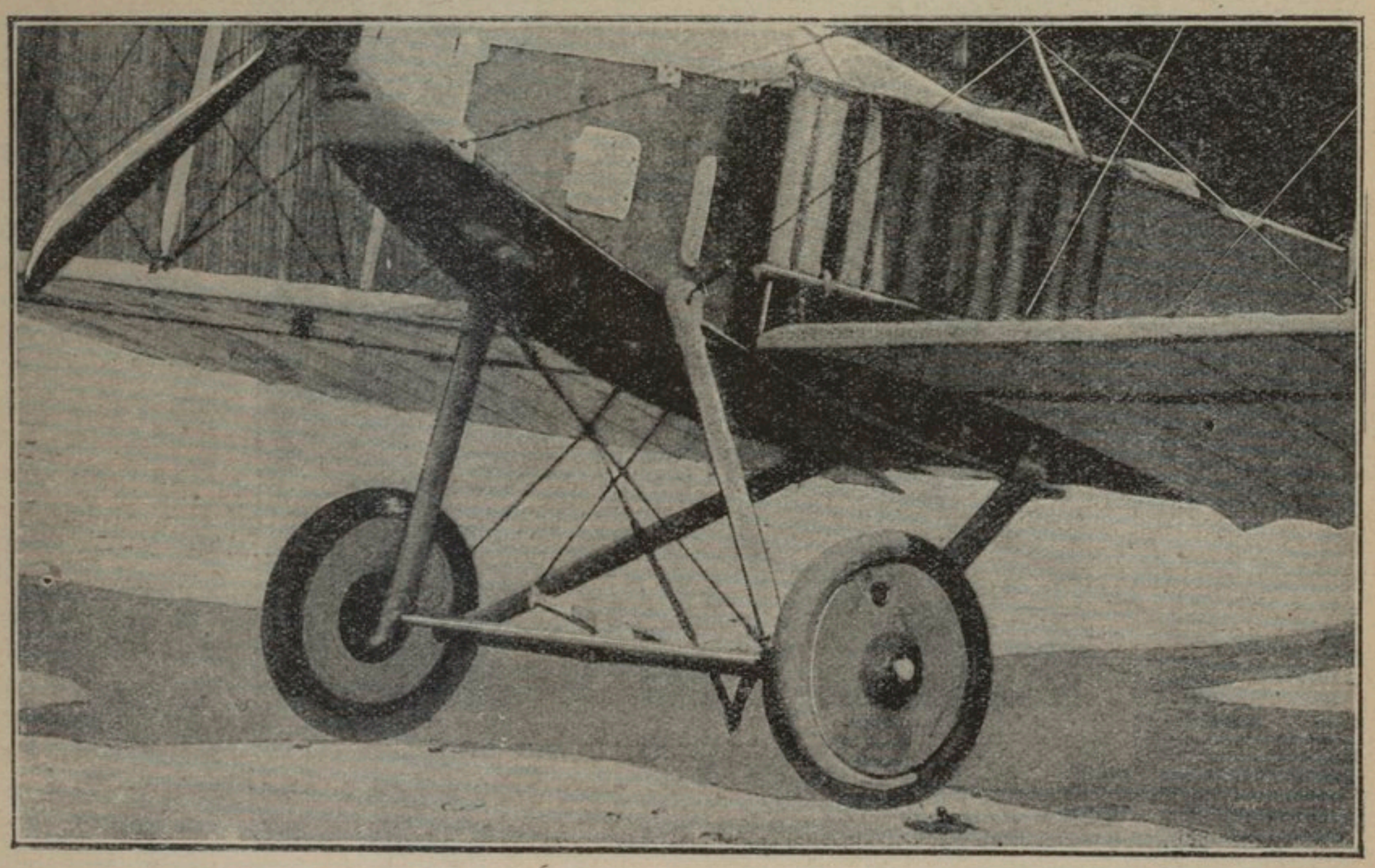


SCHÉMA DU CHASSIS-TYPE DES AVIONS ALLEMANDS

Tous les avions de chasse de nos ennemis sont pourvus d'un châssis d'atterrissage presque identique. Chaque modèle, démuni de patins, comporte un système amortisseur basé sur l'emploi d'anneaux caoutchoutés ou de ressorts à boudin.

Le châssis de l'avion Farman, comparé aux types d'avant-guerre, a été très simplifié et, à la place d'un volumineux bâti, il comporte deux cadres distincts croisillonnés par des cordes à piano. Chacun de ces cadres est pourvu de deux roues porteuses, montées sur un essieu amortisseur. A l'avant de chaque groupe de roues est situé un petit patin. Deux solides béquilles soutiennent la queue.

Le châssis du biplan Nieuport est entièrement en tubes métalliques (acier et duralumine); il ne comprend aucun patin et la sobriété de ses lignes n'enlève rien à sa solidité. Il comprend deux roues à joue pleine, reliées au bâti par un robuste essieu. Ce bâti est formé de deux triangles d'acier rattachés deux par deux aux côtés du fuselage. L'ensemble est indéformable et, en dépit de la vitesse qui anime l'avion quand il prend contact avec le



LES ROUES ET LE SOC D'ARRÊT DU CHASSIS DE L'APPAREIL « ALBATROS »

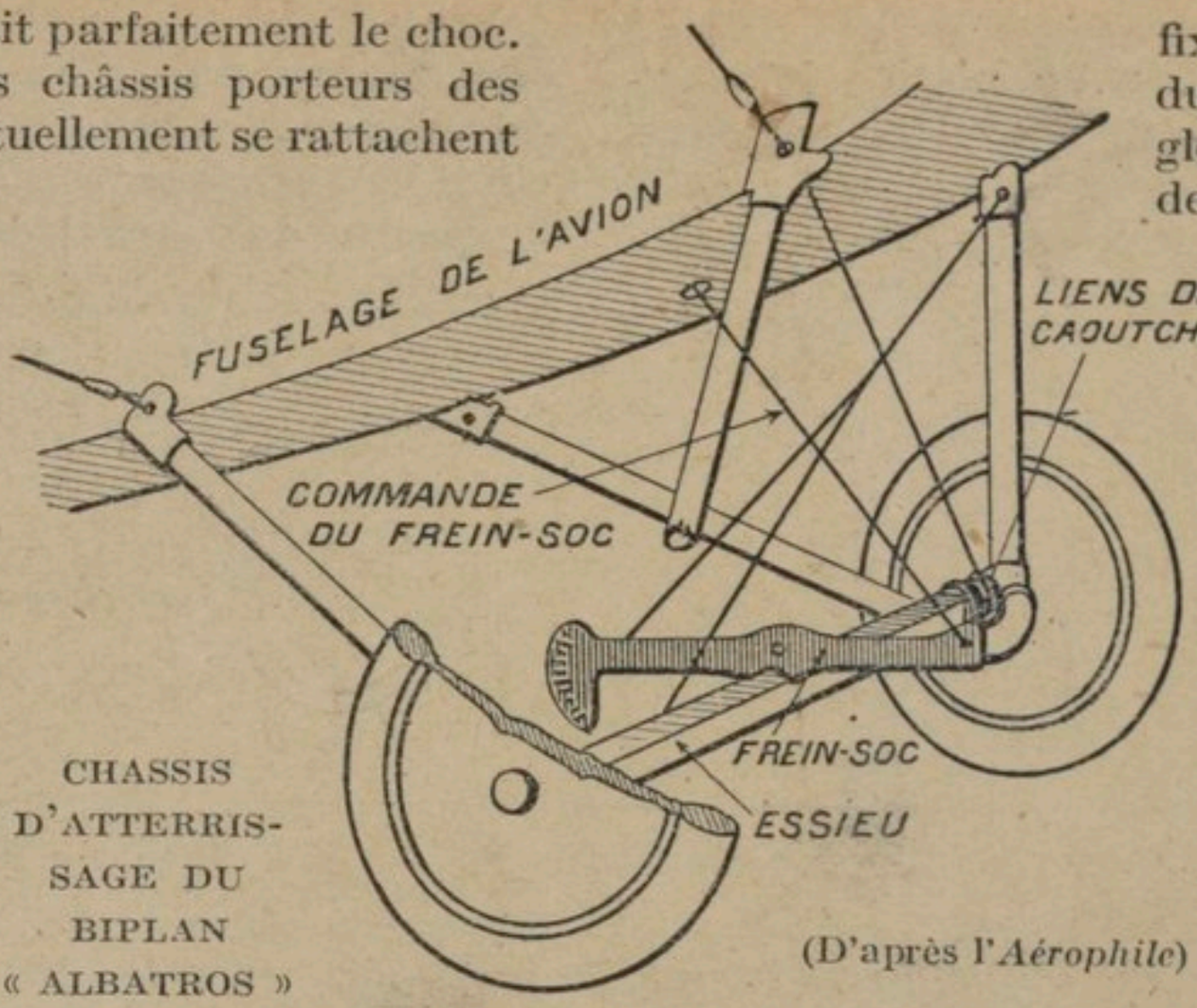
Ce châssis comprend deux bâtis d'acier, en forme de V, reliés latéralement au fuselage. L'amortisseur est constitué par des anneaux caoutchoutés enfermés dans une gaîne de cuir. La crosse placée au centre de l'essieu, est destinée à s'enfoncer dans le sol pour provoquer l'arrêt de l'appareil.

sol, le châssis amortit parfaitement le choc.

Presque tous les châssis porteurs des avions employés actuellement se rattachent plus ou moins à ces trois types.

Les constructeurs allemands qui, en temps de paix, imaginèrent d'énormes et lourds châssis, se sont, pour la plupart, ralliés à un type beaucoup plus simple qui, dans sa forme, rappelle un peu celui du Nieuport. Longtemps, ils utilisèrent un châssis qu'avait adopté l'Autrichien Etrich et qui était comparable au châssis Blériot. Il consistait en un triangle déformable, l'amortisseur étant formé de bagues de caoutchouc disposées au sommet du système. Le modèle le plus employé aujourd'hui chez nos ennemis ne comprend que des roues ; une variante est pourvue d'une crosse avant pour parer au risque de capotage.

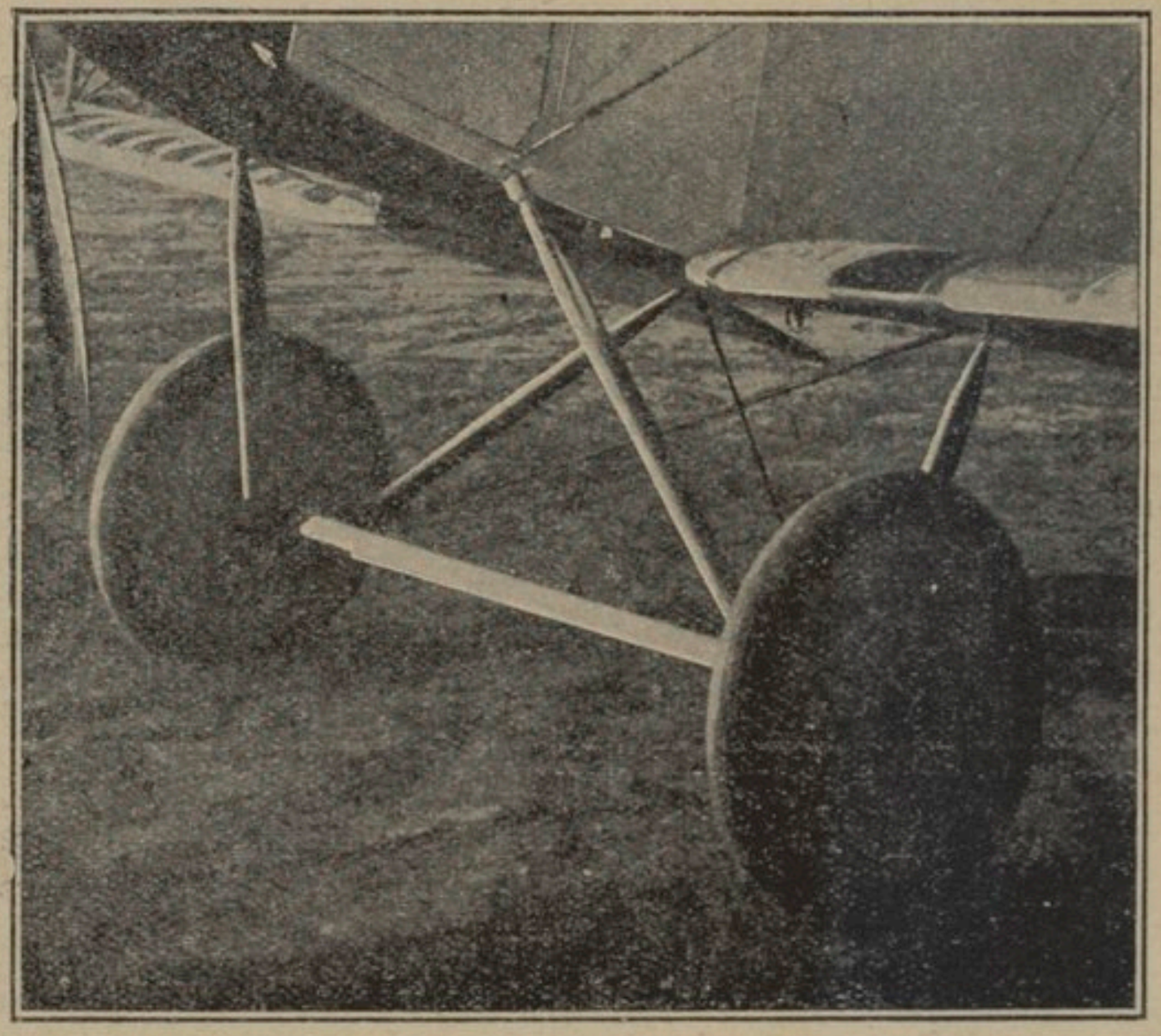
Quand nous aurons décrit, d'après les données de M. Jean Lagorgette, le châssis du biplan Albatros, on aura une idée de ce que sont ceux des autres marques. Celui-là comprend deux tubes d'acier en forme de V, de 65 millimètres de diamètre, entretoisés à l'avant par un tube rond de 35 millimètres. Les deux extrémités supérieures au V sont fixées aux longerons du fuselage. Sur l'angle formé par les deux branches du V repose l'essieu constitué par un tube très épais de 55 millimètres de diamètre extérieur. L'essieu est réuni aux branches du bâti par un lien élastique en câble caoutchouté, enfermé à l'intérieur d'une gaîne de cuir. En cas de rupture du caoutchouc, un câble de sûreté en acier est prévu. Au milieu de l'essieu est disposé un soc destiné à s'enfoncer dans le sol pour provoquer, à la volonté du pilote, l'arrêt de l'appareil. Un ressort à boudin maintient ce soc dans la position horizontale. Une transmission par câble le relie au levier de commande ; il suffit au pilote de manœuvrer la poignée de ce levier pour abaisser le soc et immobiliser son avion. L'opération est très efficace, mais si l'appareil est encore animé d'une certaine vitesse, il capote assez facilement. C'est probablement pour cette raison que le frein-soc ne figure pas sur les Albatros de chasse, engins extrêmement rapides et dont l'atterrissage ne se fait pas toujours sans quelques anicroches. Les roues en tôle



CHASSIS D'ATTERRISSAGE DU BIPLAN « ALBATROS »

(D'après l'*Aérophile*)

La caractéristique originale de ce châssis réside dans le soc d'arrêt monté sur l'essieu des roues. Le câble de commande passe à travers un trou pratiqué dans le corps du fuselage et aboutit au levier du pilote. Un ressort maintient le soc dans la position horizontale.

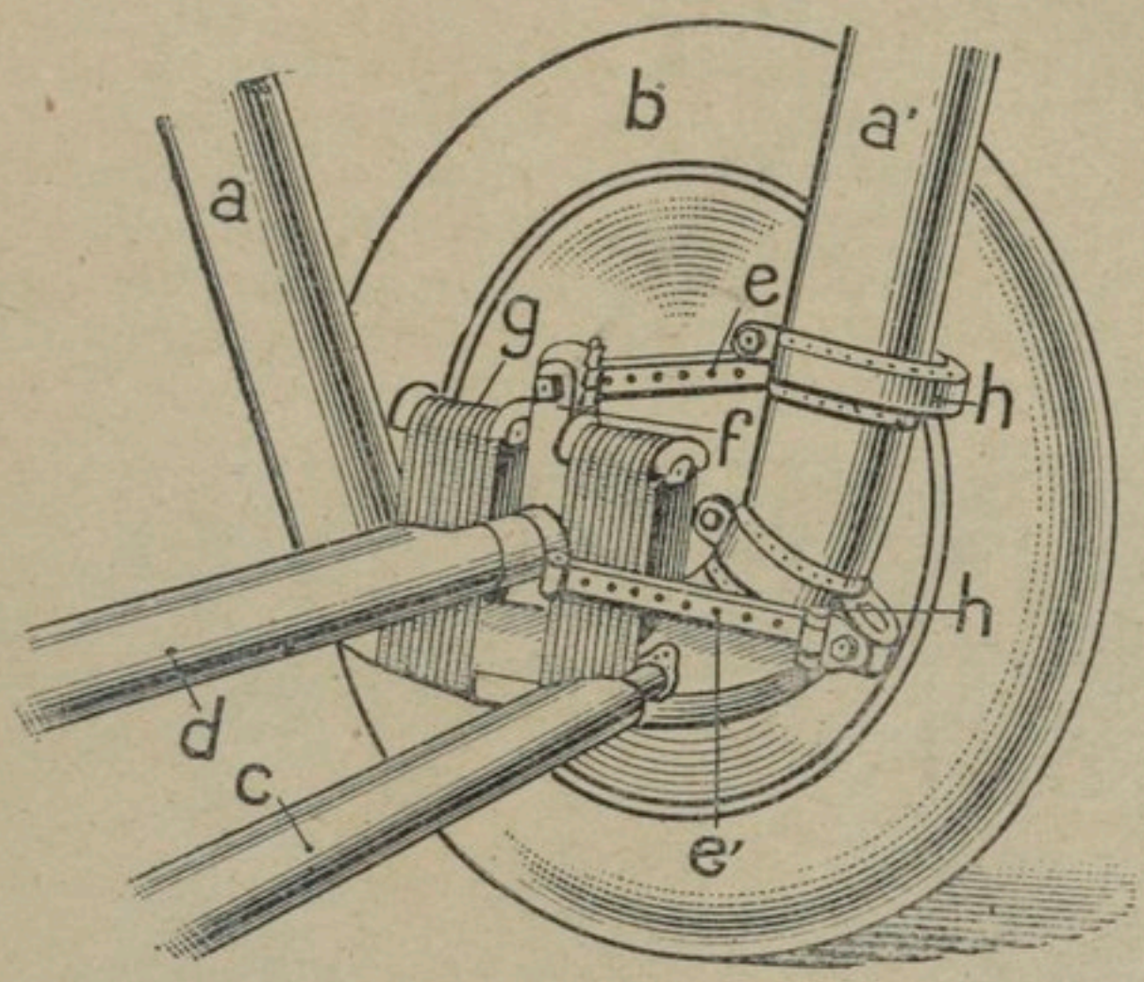


CHASSIS DE L'AVION ALLEMAND RUMPLER

Le châssis Rumpler est semblable, à peu de chose près, à celui de l'avion « Albatros », à l'exception du soc d'arrêt, qui n'a pas été adopté sur les appareils de cette marque.

emboutie ont 810 millimètres de diamètre; elles sont espacées l'une de l'autre de 1 m. 85.

Presque tous les autres appareils ennemis, ou du moins ceux qui sont en usage sur le front, sont pourvus d'un châssis semblable. Le Rumpler, notamment, est muni d'un châssis identique à celui de l'Albatros; le LVG également, avec cette différence que le sien ne comporte pas de socfrein et que les roues sont beaucoup plus espacées. La voie atteint 2 m. 20. Le Fokker, ne présente pas non plus de caractéristiques particulières. Sur l'Aviatik, chaque amortisseur en caoutchouc — la matière devenant introuvable en Allemagne — a été remplacé par une combinaison de trois longs ressorts à boudin enfilés les uns dans les autres. Quant aux avions bi-moteurs à grande envergure, qui exigent une voie très large pour ne pas être renversés au moindre choc, on leur a adapté deux châssis, à peu de chose près similaires à celui de l'Albatros, mais séparés l'un de l'autre de plusieurs mètres.



CHASSIS DU BIPLAN AMÉRICAIN « STANDARD »

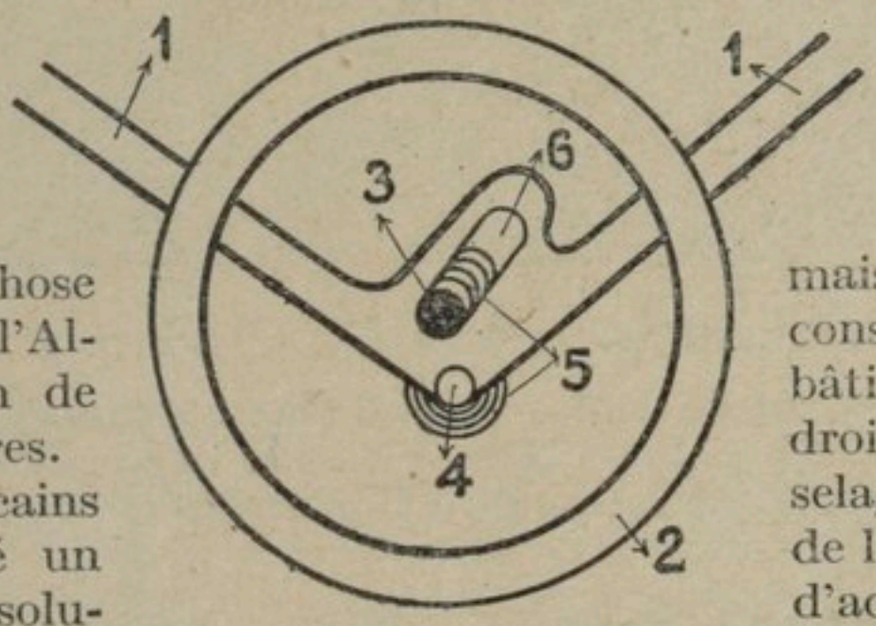
a, *bâti de frêne en forme d'U ;* b, *roue caoutchoutée à joue pleine ;* c, *tube d'acier de consolidation ;* d, *essieu en tube d'acier recouvert d'une gaine de bois ;* e, e', *bras articulés ;* f, *pièce cruciforme en acier ;* g, *anneaux amortisseurs en caoutchouc ;* h, *colliers de bronze reliant les bras articulés du bâti au châssis.*

Les constructeurs américains ont, eux aussi, apporté un appoint important à la solution du problème de l'atterrissage en réalisant différents types de châssis qui se comportèrent brillamment dans les difficiles épreuves auxquelles ils prirent part. Les solutions américaines se distinguent en général par leur conception originale, bien qu'en ces derniers temps, les appareils de nos nouveaux alliés aient une tendance très marquée à se rapprocher des avions actuellement en usage en Europe, ces derniers étant très pratiques.

Les récents appareils Curtiss sont pourvus d'un châssis très robuste, en bois ou en acier. Tous procèdent de la formule Albatros, c'est-à-dire qu'ils sont formés de deux V latéraux, reliés à l'essieu par un lien en caoutchouc Deux tendeurs en câble d'acier, placés sur la face antérieure du bâti, en assurent l'indéformabilité.

Sur un grand biplan de 160 chevaux, le châssis a été renforcé par l'adjonction de deux montants supplémentaires et de deux petits patins qui font légèrement saillie en avant des roues. Enfin, un autre appareil bi-moteur Curtiss de 200 chevaux a été pourvu d'un châssis type Albatros, ainsi qu'un autre petit avion de chasse, extrêmement rapide, récemment sorti des ateliers de Buffalo.

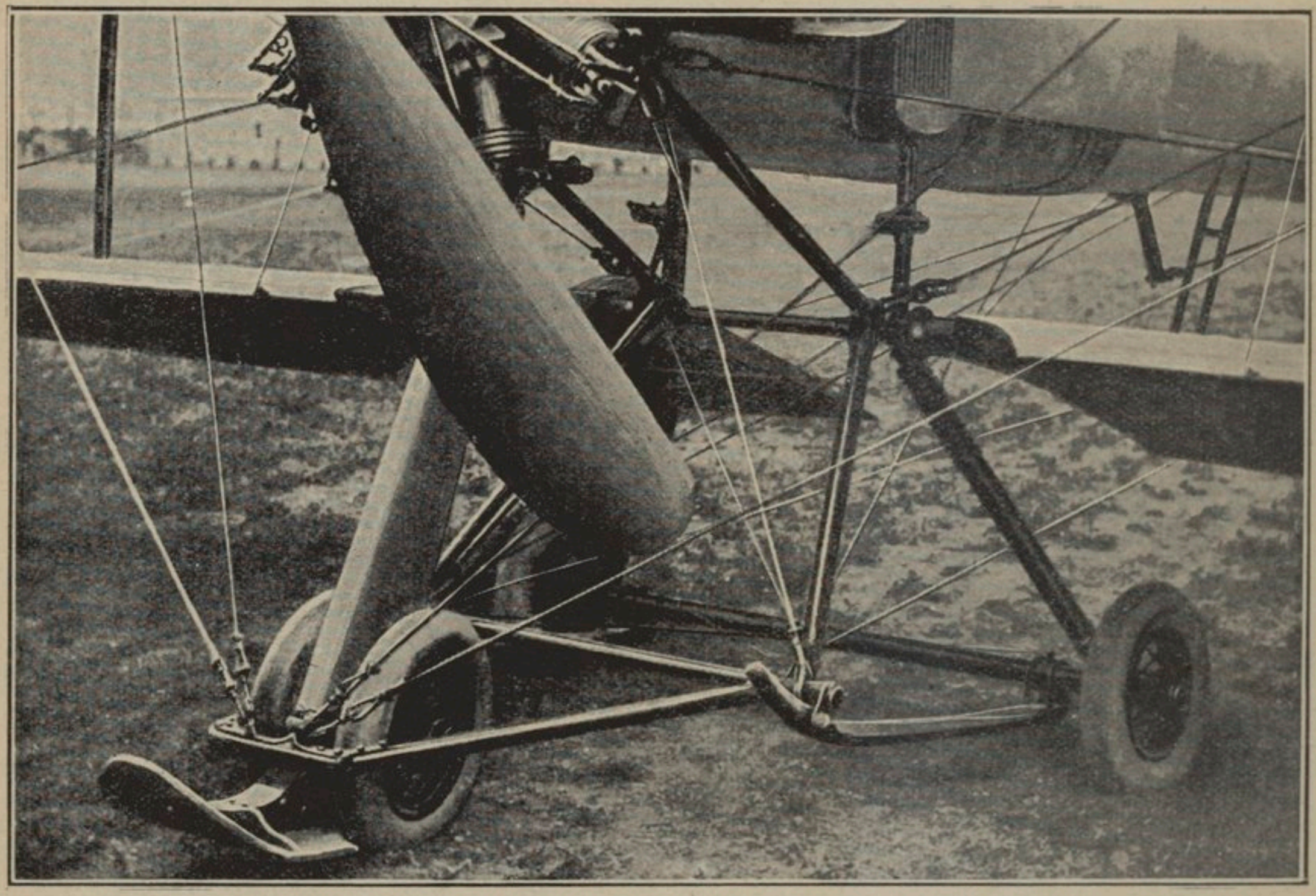
Un excellent appareil américain, le Standard, est remarquable par la conception de son châssis (voir la figure ci-dessus). Il consiste en deux pièces de frêne formant non pas un V, comme sur les Albatros mais un U. Ces pièces, qui constituent les montants du bâti, sont placées, l'une à droite, l'autre à gauche du fuselage. Sur la partie inférieure de l'U repose un essieu en tube d'acier recouvert d'une gaine de bois profilée, destinée à réduire la résistance à l'avancement. Chacune des extrémités de cet essieu porte une roue en tôle ayant un diamètre de 65 centimètres environ. Le principe de l'amortisseur est basé sur celui du pantographe ; il a donné d'excellents résultats. L'essieu, à chacune de ses extrémités, est fixé à une pièce d'acier affectant la forme d'une croix. La barre transversale de cette croix est disposée sous un groupe d'anneaux en caoutchouc dont la



GLISSIÈRE INCLINÉE DU CHASSIS LELIÈVRE

1, *tubes du châssis ;* 2, *jante de la roue ;* 3, *essieu ;* 4, *tige soutenant les anneaux caoutchoutés ;* 5, *anneaux de caoutchouc ;* 6, *glissière ou cage de guidage.*

base entoure la partie inférieure de l'U. Le haut de la croix est relié à l'un des montants de frêne par un bras articulé ; un bras semblable, fixé sur le même montant et en dessous du précédent, est goupillé sur l'essieu à l'endroit où celui-ci est réuni à la pièce d'acier en forme de croix. Enfin, une barre transversale rigide, également recouverte d'une gaine profilée, complète l'ensemble et le rend indéformable. Quand l'avion vient en contact avec le sol, les roues



LE CHASSIS D'ATTERRISSAGE MIXTE D'UN ANCIEN BIPLAN BRÉGUET

Le poids de l'appareil est réparti sur les deux roues principales ; celles de l'avant, avec la crosse qui les précède, s'opposent au capotage. Sur certains types, ces roues étaient orientables et conjuguées avec le gouvernail vertical, elles assuraient la direction de l'appareil au sol.

se soulèvent, déterminant le déplacement de leur essieu et des bras qui y sont rattachés; ils répartissent ainsi l'effort produit sur l'ensemble des anneaux caoutchoutés qui travaillent tous d'une façon égale. Les bras articulés sont fixés aux montants au moyen de colliers de bronze très robustes.

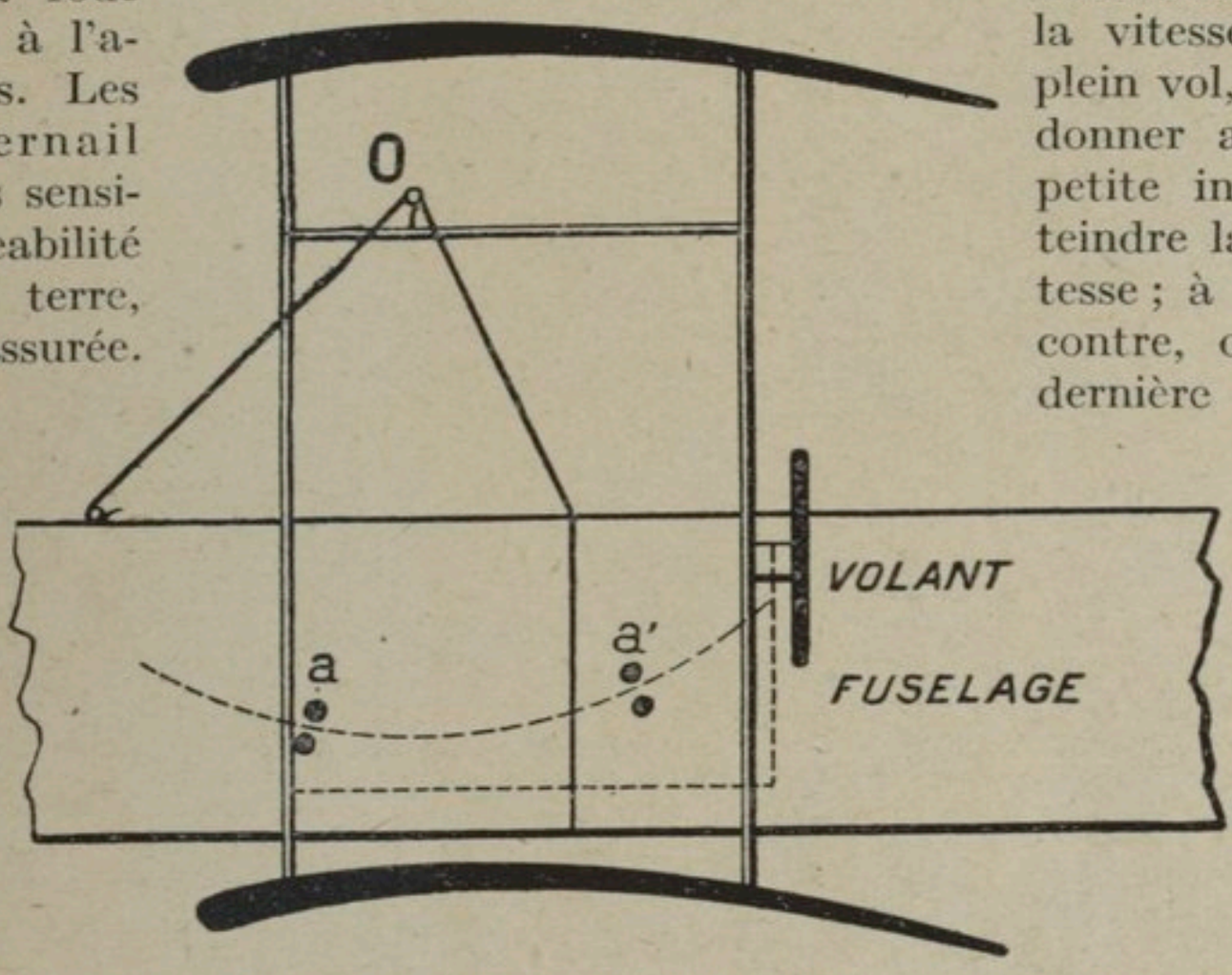
Il est évident que les chocs ainsi répartis sur la totalité des liens caoutchoutés par l'intermédiaire des bras articulés assurent au châssis un effet amortisseur beaucoup plus efficace. L'essieu est, en quelque sorte, guidé dans son déplacement vertical. L'importance de ce perfectionnement, si heureusement appliqué sur le biplan " Standard ", avait été signalé quelques mois avant la guerre par un inventeur français qui fit breveter à cette époque un châssis d'atterrissage caractérisé par un dispositif à glissière qui permet à l'essieu de se déplacer sous ce choc dans un sens déterminé. En outre, cette solution présente l'avantage d'amortir par frottement, sur le côté supérieur de la glissière, une partie de la force vive verticale de l'appareil et de guider l'essieu dans son retour à la position initiale, retour produit sous l'effet des anneaux caoutchoutés. Ce dispositif offre encore un autre avantage, lorsque l'appareil, à l'atterrissage, suit une trajectoire horizontale déviée par rapport à son axe longitudinal. Si, par exemple, la déviation se produit à droite, la roue fixée sur ce côté supporte la majeure partie de l'effort. Grâce à l'inclinaison de la glissière, elle se trouve décalée vers l'arrière par rapport à l'autre roue et est ainsi orientée automatiquement dans le sens de la déviation. L'effort qu'elle subit agit toujours dans le sens du plan de sa jante. Le schéma de la page 273 fera mieux comprendre la disposition de l'ensemble.

Le principe de la glissière a, d'ailleurs, été appliqué avec succès sur différents aéroplanes français, notamment sur les Nieuport qui comportent un châssis d'atterrissage pourvu d'une *cage de guidage*.

Nous pouvons encore signaler les essais tentés par M. Louis Bréguet en vue d'améliorer les qualités de *dirigeabilité* de ses avions quand ils sont en contact avec le sol. La direction d'un avion, aussi bien à terre qu'en l'air, est obtenue par l'inclinaison latérale du gouvernail. M. Bréguet, dont les premiers appareils étaient munis d'un châssis à trois roues porteuses, a rendu solidaire du gouvernail la roue orientable située à l'avant du châssis. Les effets du gouvernail étaient ainsi plus sensibles et la dirigeabilité de l'appareil, à terre, beaucoup mieux assurée.

Mais quelle que soit l'excellence du châssis qui supporte les avions actuels, les accidents d'atterrissage ne peuvent être évités que par l'habileté du pilote. Nous insisterons sur ce point que l'atterrissage est rendu d'autant plus difficile que l'avion est plus rapide. La vitesse indispensable à la sustentation des aéroplanes en plein vol est dangereuse à l'arrivée au sol. Pour la réduire à ce moment, pour obtenir un meilleur effet de freinage, les pilotes doivent toujours atterrir face au vent. Mais la réduction de vitesse n'est pas toujours suffisante, le redressement n'est pas toujours effectué à temps et les capotages sont encore trop nombreux tant sur le front que dans les écoles. C'est pourquoi, en aviation, la question de l'écart de vitesse, intimement liée à celle de l'atterrissage, est si intéressante qu'elle a été l'objet d'une étude approfondie de la part de nos constructeurs. On est arrivé dans cette voie à des résultats remarquables. Certain petit biplan qui dépasse le 160 à l'heure peut encore se soutenir dans l'air à la vitesse extrêmement réduite de 70 kilomètres à l'heure. On conçoit que, dans ces conditions, l'atterrissage soit singulièrement facilité.

Pour obtenir la réduction de vitesse au moment d'atterrir, on peut avoir recours à différents dispositifs. L'un des plus connus, l'incidence variable, a été appliqué sur le biplan Paul Schmitt ; voici en quoi il consiste. On sait que les ailes d'aéroplanes se présentent à l'air sous une certaine inclinaison longitudinale que l'on appelle l'incidence ou l'angle d'attaque. En plaçant ces ailes horizontalement ou presque, on réduit au minimum la résistance à l'avancement ; en les braquant, c'est-à-dire en augmentant leur incidence, on accroît au contraire la résistance, au détriment de la vitesse de l'avion. En plein vol, il suffira donc de donner aux ailes la plus petite incidence pour atteindre la plus grande vitesse ; à l'atterrissage, par contre, on réduira cette dernière en augmentant l'incidence des plans. Très simple en théorie, ce système est d'une réalisation plus compliquée. Sur le biplan Schmitt, on y est ainsi parvenu : la cellule est reliée au fuselage par un axe mobile *O* et par l'intermédiaire d'un chemin de roulement ayant son centre en *O*. Deux jeux de galets *a'*, montés sur roulements à billes, guident le déplacement de la cellule avec la plus grande précision. La commande est obtenue par la manœuvre d'un volant, relié par un câble à la cellule, au moyen d'une combinaison de chaînes et de pignons.



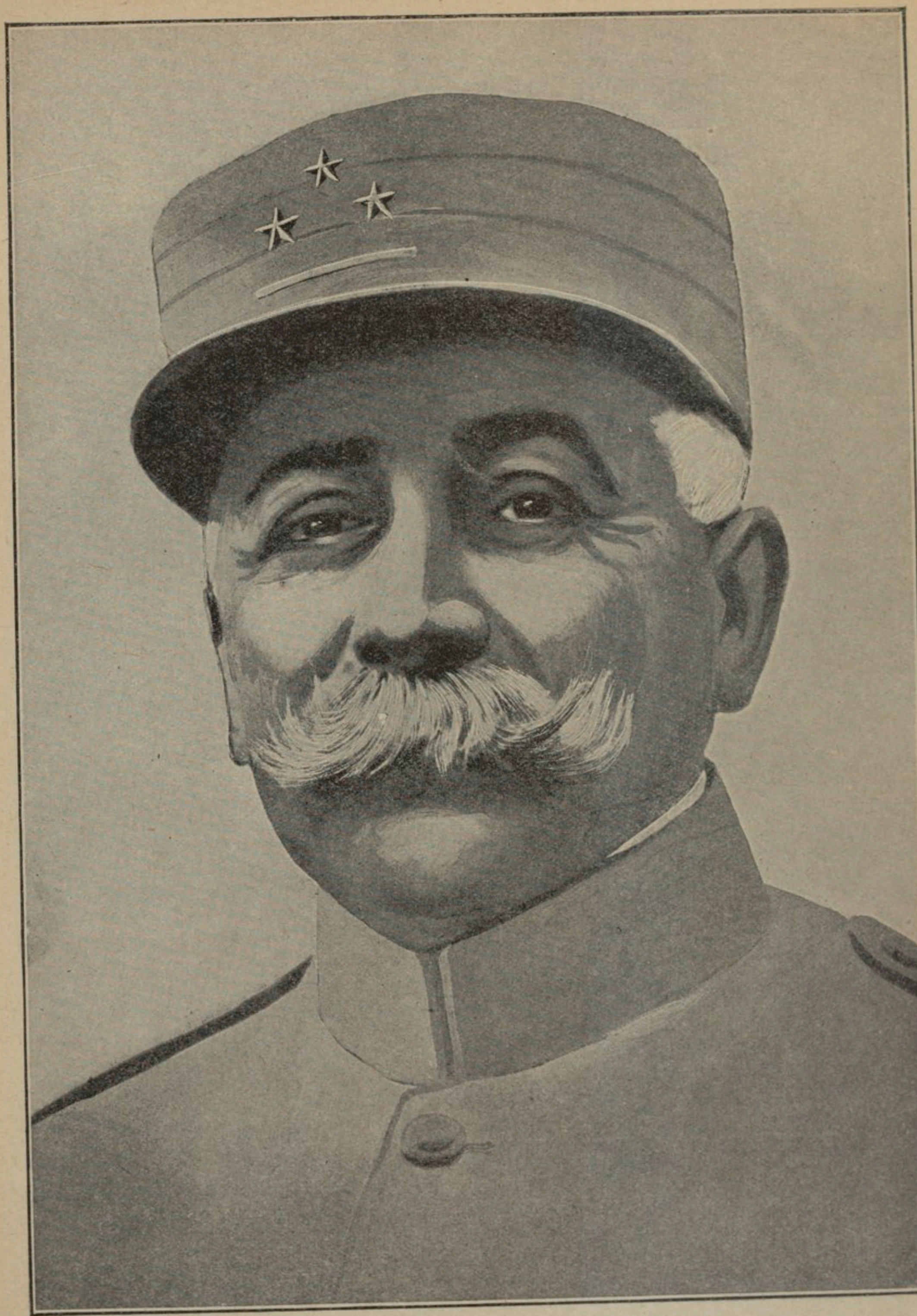
LA CELLULE MOBILE DU BIPLAN SCHMITT

La cellule oscille autour du point O *par l'intermédiaire d'un chemin de roulement* a, a'. *Le déplacement de la cellule, commandé par le volant, permet de modifier l'incidence des ailes pour réduire la vitesse de l'avion et faciliter l'atterrissage.*

Une solution très intéressante de l'écart de vitesse consisterait à modifier en plein vol la surface de l'appareil. Pratiquement, elle n'a pu encore être réalisée par suite des difficultés considérables qui se présentent.

La question des surfaces variables ne fait pas encore partie du domaine des réalités, mais des inventeurs capables et des aviateurs connus se sont attachés à son étude, et rien ne prouve qu'ils ne parviendront pas à résoudre un jour prochain ce problème en dépit de sa complexité.

Jean FONTANGES.



LE GÉNÉRAL ANTHOINE

Commandant en chef l'armée française qui opère, dans les Flandres, avec les armées britanniques, et à la gauche de celles-ci.

DE GIGANTESQUES COMBATS SONT ENGAGÉS SUR LE FRONT OCCIDENTAL

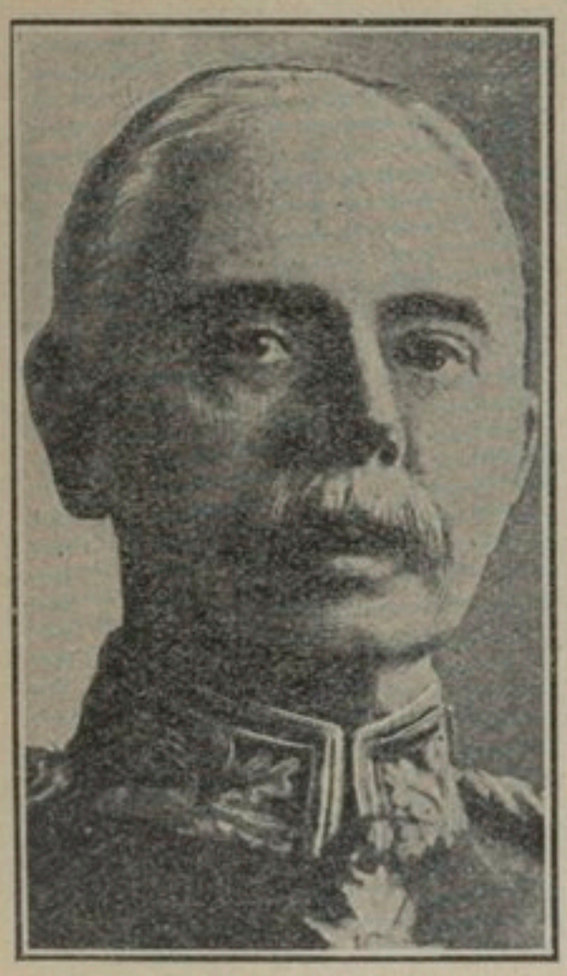
Depuis le 7 juin, où les Anglais avaient enlevé le barrage fortifié de Messines-Wytschaete, jusqu'à la fin de juillet, aucune offensive de grand style n'avait eu lieu de la part des Franco-Britanniques.

Cependant, ce que le grand état-major allemand devine, et, dans la suite, ce dont il acquiert la certitude — il est des préparatifs qu'on ne peut pas dissimuler — c'est qu'il va avoir bientôt à affronter sur le front anglais le choc le plus formidable qu'il ait encore reçu, et il veut mettre à profit le temps qu'emploieront nos alliés à monter leur offensive, pour frapper sur nous à coups redoublés, afin de nous mettre hors d'état, le moment venu, de seconder l'attaque anglaise, ou tout au moins nous ravir les positions stratégiques et tactiques qui pourraient nous faciliter cette tâche. Ce sera donc pendant près de deux mois une lutte ininterrompue pour la possession des observatoires susceptibles de lui procurer des vues sur nos lignes. On verra plus loin que l'ennemi a sacrifié l'élite de ses combattants sans obtenir sur notre front ces garanties de sécurité défensive qu'il cherchait et que la grande bataille des Flandres, commencée le 31 juillet, devait lui apporter de sérieux soucis.

Les premiers résultats de la bataille des Flandres

C'est le 31 juillet que commença la bataille des Flandres, la plus grande peut-être de cette guerre, après celle de Verdun, la plus importante au point de vue stratégique, puisque ce qui était en jeu n'était rien moins que la libération d'une partie de la Belgique et du Nord de la France.

D'après tous les symptômes annonciateurs, les Allemands ne pouvaient se méprendre sur la puissance de l'assaut qu'ils allaient avoir à subir, mais, logiquement, ils devaient croire que l'effort de nos alliés se porterait principalement sur la région côtière, et qu'avec le concours de leur flotte, les Anglais tenteraient de leur porter leurs premiers coups entre la mer et Nieuport. Fidèles à leur tactique préventive, ils prirent là les devants et, dans un coup de surprise, parvinrent, le 10 juin, dans la région des Dunes, à rejeter les Britanniques de l'autre côté de l'Yser, sur un front d'environ 1.300 mètres. La chose fit impression sur le moment. Ce n'était qu'un simple épisode sans portée. Le secteur d'attaque choisi par le maréchal Douglas Haig était ailleurs. C'était la zone comprise entre Dixmude et la Lys, théâtre tout désigné pour l'exploitation du succès précédent de Messines-Wytschaete. Les Allemands eurent encore une seconde surprise — surprise d'ailleurs toute relative. — Ils croyaient avoir occupé suffisamment les Français ailleurs, pour pouvoir espérer que nous nous désintéresserions autrement que par nos vœux de la nouvelle entreprise britannique. Or, comme sur la Somme, ils se trouvèrent en présence d'une offensive conjuguée



GÉNÉRAL PLUMMER

Commandant l'une des armées britanniques.

GÉNÉRAL A. CURRIE

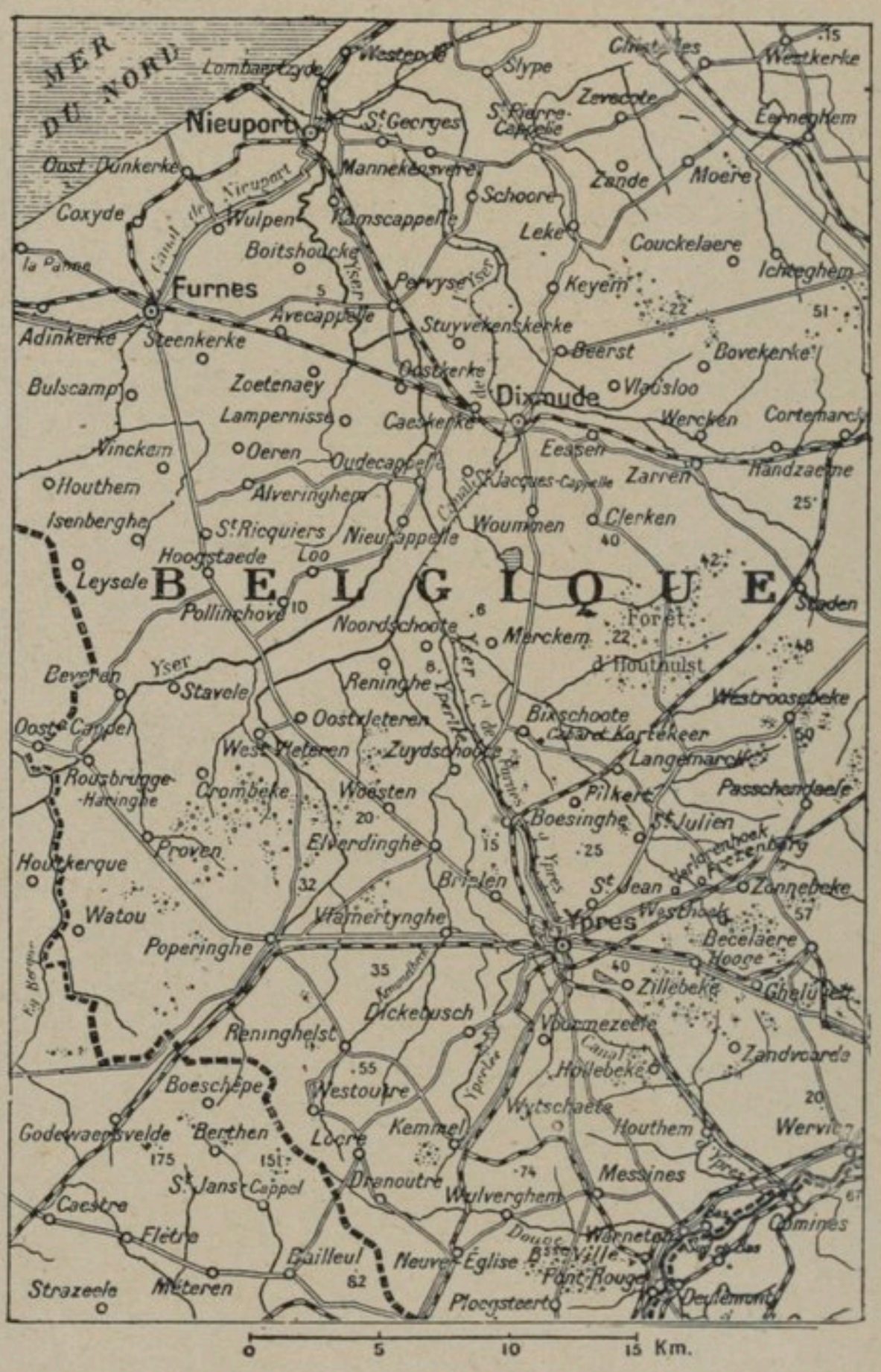
Commandant les troupes canadiennes en France.

des armées franco-anglaises, et si la coopération de l'armée du général Anthoine resta limitée à une étendue de 4 à 5 kilomètres sur un ensemble de 26, ils s'aperçurent cependant tout de suite, toujours comme dans la Somme, que l'intervention de nos divisions n'était pas la moins redoutable.

La préparation d'artillerie fut ce qu'elle n'avait encore été sur aucun champ de bataille. Au dire des Allemands, elle dura quatorze jours sur le secteur tenu par les armées des généraux Plummer et Gough, une dizaine de jours sur celui dont nous avions la charge. Nos alliés avaient mis en ligne un matériel d'artillerie qui, selon les correspondants anglais, était, par rapport à celui de l'ennemi, dans la proportion de cinq contre un. Au tir de destruction irrésistible que l'esprit de sacrifice du corps d'aviation britannique avait permis de régler dans le moindre détail, s'ajoutaient les ravages démoralisateurs des engins à huile bouillante envoyés avec prodigalité sur les lignes adverses qui avaient compté vainement sur les effets compensateurs du nouvel obus à gaz allemand dont l'action perfide ne se révèle parfois que deux heures après l'éclatement. Nos canons ne firent pas moins bonne besogne, si bien que pendant toute la période de bombardement, plusieurs divisions ennemies, fortement éprouvées, durent être relevées. Dès le 27 juillet, le nivellement des premières lignes de défenses allemandes était si complet, qu'elles étaient devenues intenables et que les survivants s'étaient repliés d'un demi-kilomètre en arrière. Dure nécessité dont l'état-major allemand s'est, au surplus, fait une tactique. Cette tactique, on la connaît : tenir faiblement les tranchées avancées, être toujours organisé en profondeur, multiplier les îlots de résistance épars entre les premières, les deuxièmes et les troisièmes positions, ce qui permet de préparer immédiatement la contre-attaque sur l'assaillant épuisé par son effort. On verra plus loin que le procédé, encore qu'il soit bon, a fait à peu près faillite dans la lutte engagée dans les Flandres.

Le centre de la bataille était Ypres avec son étoile de routes, et l'objectif de nos alliés anglais était de s'élever rapidement ou progressivement sur les pentes de l'espèce de cuvette dont les Allemands tenaient les bords à l'est. Nous étions chargés, dans le nord-est, de protéger cette avance.

Cette tâche, les vaillantes troupes du général Anthoine la remplirent aisément. Dès la nuit du 30 au 31 juillet, le commandement français donna l'ordre de passer l'Yser à une partie de son armée, qui, le 31, à 4 heures du matin, se mettait en mouvement. Sans rencontrer la moindre résistance, elle dépassait les premières positions ennemies entre Steenstraete et Lizerne. A 2 heures de l'après-midi, elle était maîtresse de Bixschoote et du cabaret Kortekeer, ayant avancé de deux et demi à trois kilomètres. Ce n'est guère que dans Bixschoote qu'elle eut à fournir un effort sérieux. La position était gardée par un des meilleurs bataillons bavarois, qui se fit hacher jusqu'au dernier homme.


MER DU NORD
Nieuport
Furnes
Dixmude
Ypres
BELGIQUE
Oost Dunkerke
Coxyde
Adinkerke
Steenkerke
Bulscamp
Houthem
Isenberghe
Leysele
Poperinghe
Watou
Houtkerque
Proven
Oost Camp
Roubrugge
Crombeke
Woesten
Elverdinghe
Reninghelst
Boeschepe
Godewaersvelde
Berthen
Caestre
Fletre
Strazeele
Meteren
Bailleul
Neuve Église
Ploegsteert
Wytschaete
Messines
Wulverghem
Warneton
Comines
Houthem
Wervicq
Zandvoorde
Zillebeke
Hollebeke
Voormezeele
Becelaere
Hooge
Zonnebeke
Passchendaele
Langemarck
Pilkem
Boesinghe
St Julien
Bixschoote
Westroosebeke
Noordschoote
Merckem
Houthulst
Forêt
Stuyvekenskerke
Beerst
Bovekerke
Vladsloo
Woumen
Clerken
Zarren
Eessen
Wercken
Cortemarck
Handzaeme
Staden
Keyem
Couckelaere
Ichteghem
Leke
Schoore
Zande
Moere
Eerneghem
Zevecote
Slype
Westende
Lombartzyde
Nieuport
St Georges
St Pierre Capelle
Mannekensvere
Wulpen
Ramscappelle
Boitshoucke
Furnes
Avecapelle
Oostkerke
Zoetenaey
Lampernisse
Oeren
Oudecappelle
Alveringhem
St Ricquiers
Nieuwappelle
Loo
Hoogstaede
Pollinchove
Reninghe
Oosttaleteren
Zuydschoote
Westtaleteren
Stavele
Yser
Ypres
Furnes
Canal de Furnes à Ypres
Canal de Dixmude à Ypres
Canal de la Basse Lys à Ypres
Canal de la Lys à l'Yser
Canal de Nieuport à Dunkerque
Canal de Furnes à Bergues
Canal de Loo à Furnes
Canal de Bergues à Furnes
Canal de Furnes à Dunkerque
Canal de Dixmude à la Lys
Canal de Dixmude à Furnes
Canal de Furnes à Nieuport
Canal de Nieuport à Ypres
Canal de Ypres à Comines
Canal de Ypres à Commines
Canal de Ypres à Furnes
Canal de Ypres à Dixmude
Canal de Ypres à la Lys
Canal de Ypres à Nieuport

hors d'affaire le 3e fusiliers de la garde.

Le secteur-est fut le théâtre de combats plus acharnés encore, mais, bien que là le terrain fût particulièrement difficile, dès les premières heures, les Anglais forçaient l'ennemi de lâcher par endroits sa première ligne, puis sa seconde, et emportaient, au delà de Hooge, le bois fortement défendu du Sanctuaire-Frezenberg et Westhock.

A midi, tous ces objectifs étaient atteints et les Anglais attaquaient Saint-Julien. C'était un véritable nid de mitrailleuses. Un tank aidant, les ruines du village furent emportées. Mais, dès 2 heures de l'après-midi, l'ennemi réagit sur ce point particulièrement sensible d'où sa troisième position était particulièrement menacée.

Dans le secteur sud, où l'ennemi avait des organisations puissantes, les progrès ne furent pas moins remarquables. Hollebecke fut enlevé et la Basse-Ville, sur la Lys, la couverture de Warneton, fut prise d'assaut par les Néo-Zélandais. Perdue, elle fut reprise et conservée, malgré deux retours violemment offensifs de l'ennemi.

En cette première journée de bataille, les alliés avaient, sur 24 kilomètres 500 mètres d'étendue, avancé en profondeur de 3 à 4 kilomètres et, malgré le caractère implacable de la lutte, fait plus de 6.000 prisonniers. Les tanks ont joué un rôle des plus efficaces dans ces combats. Leur emploi, maintenant perfectionné, a été surtout dirigé vers la destruction des nids de mitrailleuses et la percée des bois et boquetaux servant de centre de résistance à l'ennemi. Ils firent du très beau travail.

La pluie, une pluie tenace, vint malheureusement au secours des Allemands, et ceux-ci voulurent immédiatement mettre à profit le mauvais temps qui empêchait les alliés d'avancer leur grosse artillerie aussi rapidement qu'il eût été désirable. Alors qu'ils ne tentèrent aucune réaction de notre côté, ils engagèrent ; dans la nuit même du 31 au 1er, une contre-offensive d'une grande envergure, entre Saint-Julien et Westhock. Sous leurs assauts répétés, les Anglais durent évacuer les deux villages, tout en se maintenant étroitement en contact avec l'ennemi.

GÉNÉRAL DUC DE CAVAN

Commandant une division de cavalerie anglaise.

Le lendemain matin, les combats se poursuivirent avec violence et revêtirent un caractère d'acharnement particulier du côté de la voie ferrée Ypres-Roulers. Après avoir gagné du terrain, les Allemands se virent de nouveau délogés par une forte contre-attaque anglaise déclenchée dans la soirée.

Le lendemain, 2 août, l'ennemi reprit ses attaques et contre nous et contre nos alliés. Il ne put nous enlever un pouce du terrain conquis, et bien qu'il eût engagé contre les Anglais, sur un front réduit de 3 kilomètres et demi, entre Saint-Julien et la voie ferrée Ypres-Roulers, plusieurs divisions, il n'arriva pas davantage à entamer la nouvelle ligne de nos alliés qui, le jour suivant, reprenaient Saint-Julien. La première phase de la grande bataille était ainsi définitivement perdue pour lui.

Les attaques allemandes de l'Aisne et de Champagne

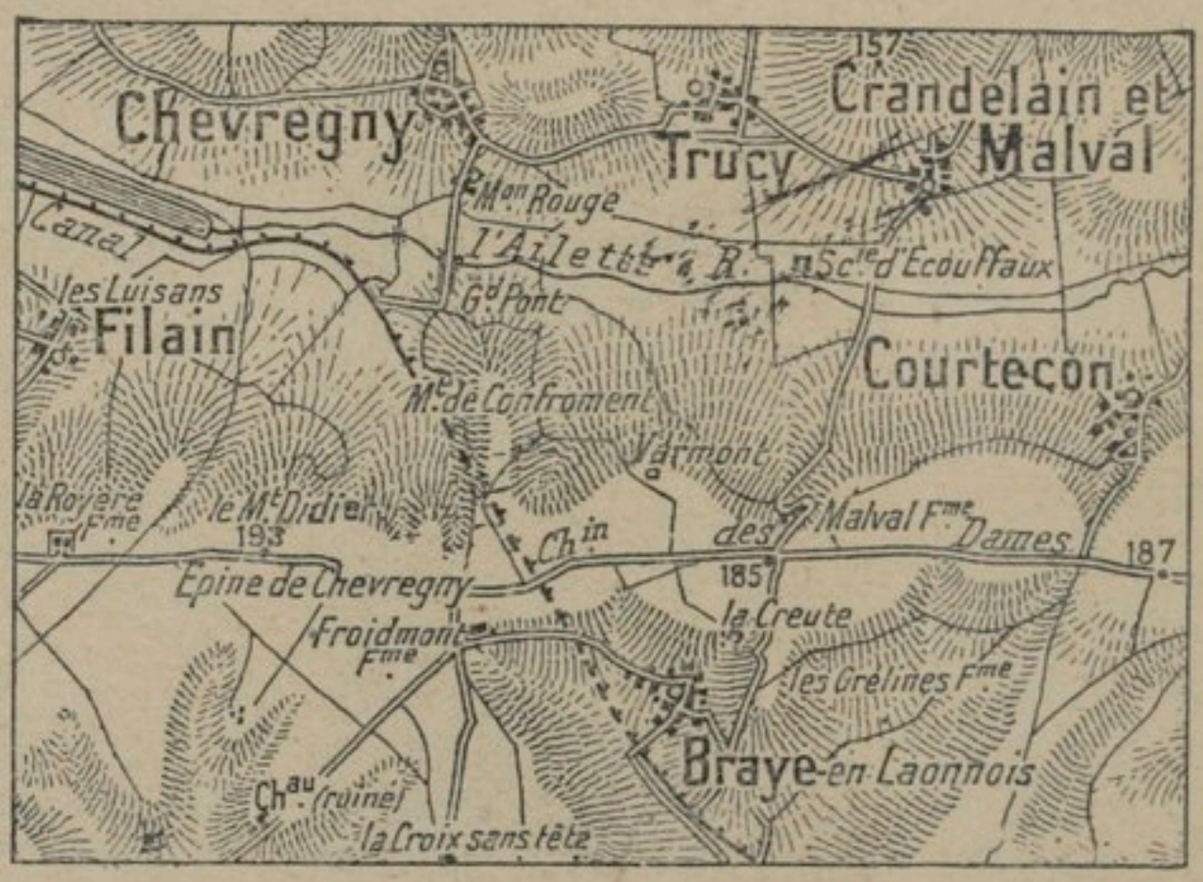
On ne saurait trop exalter l'admirable résistance que nos troupes ont opposée aux efforts ininterrompus de l'ennemi pour nous déloger des plateaux de l'Aisne.

C'est que si notre offensive du 16 avril, couronnée par notre brillant succès du 5 mai, nous avait rendus maîtres du Chemin des Dames et de la plus grande partie des plateaux de l'Aisne, elle ne nous avait donné qu'une installation précaire sur la crête et sur les points dominants que nous étions parvenus à occuper. Il nous manquait une zone de couverture assez large pour nous mettre à l'abri des retours ennemis.

Il serait fastidieux de décrire par le menu toutes les tentatives allemandes et les réactions qu'elles ont provoquées de notre part. Dans la deuxième quinzaine de mai, les Allemands attaquent onze fois ; en juin, vingt fois ; et en juillet, leurs assauts continuent avec une force croissante et avec des effectifs de plus en plus considérables.

Au début de juin, dans la nuit du 2 au 3, cinq attaques, d'une violence inouïe, menées par des troupes fraîches ramenées de Roumanie, sont dirigées contre nos positions des plateaux de Vauclerc et de Californie. Elles n'ont d'autre résultat que de faire décimer cinq régiments ennemis, puisque l'adversaire n'a même pas la consolation de garder les quelques tranchées de la corne nord-est du plateau de Californie qu'il a pu enlever au premier choc et qu'une contre-attaque nous restitue. Le 4, les Allemands se font repousser au nord-est de la ferme Froidmont ; le 5, au monument d'Hurtebise, le 6 entre la ferme de la Royère et la ferme du Panthéon ; ils réussirent, cependant ce jour-là, à prendre

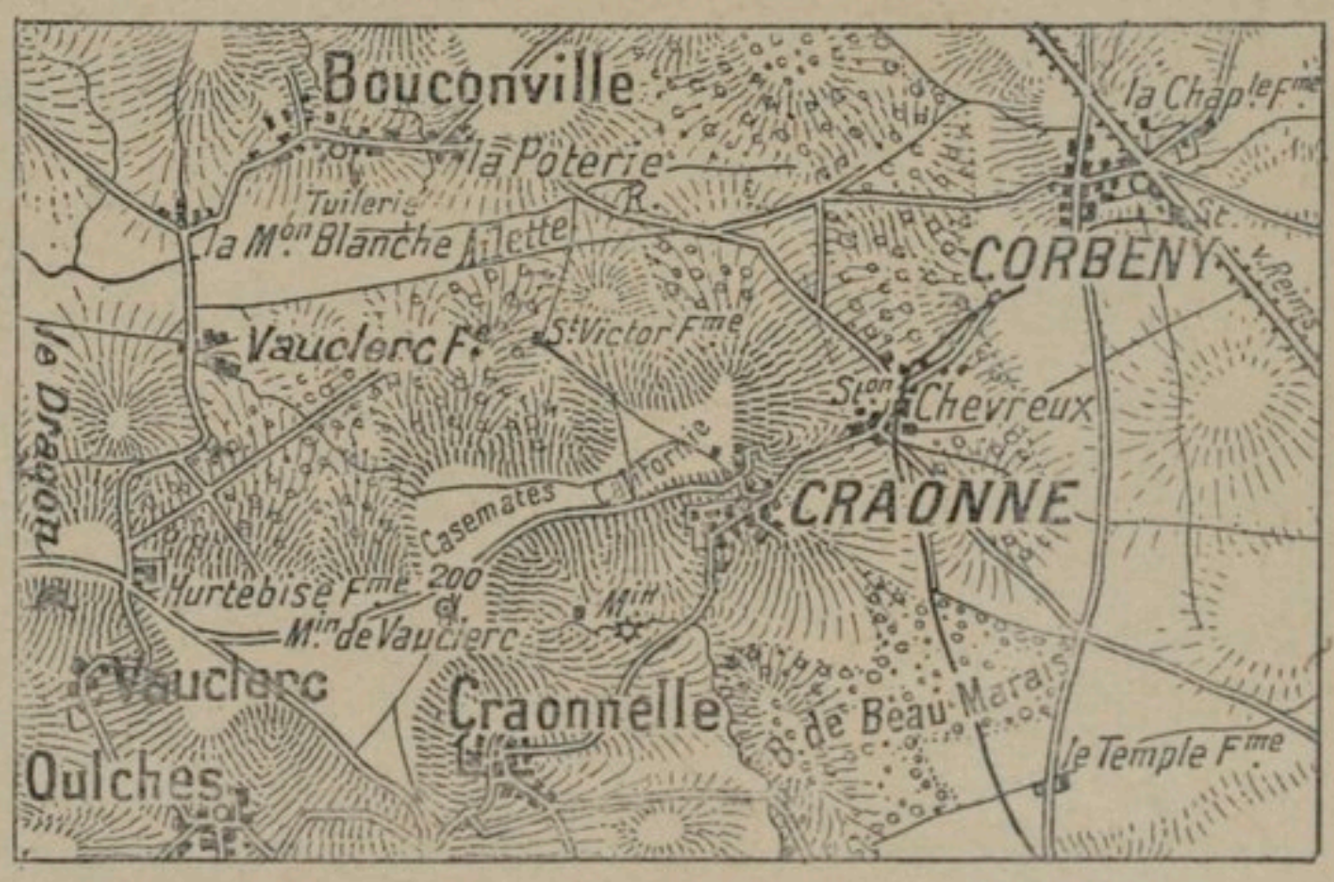
pied dans le saillant des Bovettes, au sud de Filain. Petites affaires ensuite jusqu'au 16, où l'ennemi nous déloge d'un important observatoire au nord-ouest d'Hurtebise. Le 20, des « stosstruppen » d'une division revenant de Russie attaquent, à l'est de Vauxaillon, pour tenter de réduire le saillant dangereux pour l'ennemi que dessine là notre front. Les troupes d'assaut allemandes réussissent à entamer nos lignes sur l'éperon nord descendant vers l'Ailette et dénommé mont des Singes. Elles remportent également un petit succès à la ferme Moisy, mais, le 21, une contre-attaque de notre part annule tous ces gains à l'exception d'une fraction tout à fait infime située à 400 mètres au nord-est de la ferme Moisy.



LE FAMEUX ET SANGLANT CHEMIN DES DAMES

Le 22, tentative sur une étendue de 2 kilomètres sur un point sensible de notre front, entre la ferme de la Royère et l'épine de Chevregny. Là, le plateau est étroit et la percée semble plus facile, mais l'ennemi ne réussit, au prix de grandes pertes, qu'à écorner le saillant central de notre position.

Le 25, une brillante attaque, exécutée par la division Gaucher, nous fait rentrer en possession du doigt d'Hurtebise, c'est-à-dire la hauteur importante que les Allemands nous avaient prise le 16. L'affaire, rondement menée, surprend l'adversaire. Elle nous réservait, au surplus, une agréable surprise : en avançant, nos braves ne se doutaient pas qu'ils avaient laissé derrière eux, sous terre, un contingent respectable d'ennemis. Il y avait là, dans une des excavations naturelles qui abondent sur ce plateau, 150 soldats avec un officier.



ENSEMBLE DU CHAMP DE BATAILLE CRAONNAIS

Dans la nuit du 28 au 29, l'ennemi attaque au nord-ouest de Cerny, et la lutte dans ce secteur va durer jusqu'au 3 juillet. L'ennemi prend là quelques légers avantages, ainsi qu'au sud-ouest d'Ailles, sur la route Paissy-Ailles. Il se fait, par contre, repousser avec de grosses pertes en hommes sur les plateaux au nord de Vauclerc et de Craonne.

Le 8 juillet, assaut ennemi sur un front de 4 kilomètres entre le Panthéon et la ferme Froidmont. Notre tir cloue l'ennemi sur place aux deux ailes, et des contre-attaques brillantes nous rendent le bout de terrain qu'il avait pu gagner au centre.

Dans la soirée du 14 juillet, au sud-est de Cerny, violent combat qui dure toute la nuit et qui se termine par l'abandon de notre première ligne, sur un front de 500 mètres environ.

Le 19, l'ennemi engage une véritable bataille qui va durer six jours et dont l'enjeu est représenté par les plateaux des Casemates et de Californie, au nord de Craonne. On estime à 80.000 hommes, soit trois divisions prussiennes, trois westphaliennes, une bavaroise et une badoise, les importants effectifs que le kronprinz a jetés dans la mêlée.

C'est aux Tourangeaux de la division Dilleman qu'est revenu le mérite d'affronter et d'annihiler le choc initial des troupes d'assaut adverses comprenant et la 5e division de la garde et le fameux 20e brandebourgeois, qui, prétend-on, ne le cède en rien à celle-ci.

La lutte se prolongea avec des alternatives diverses jusqu'au 22. Ce jour-là, les Allemands donnent un nouvel effort en faisant intervenir une division fraîche. Ils parviennent, après des efforts inouis, à se cramponner à notre première ligne, aux Casemates, et à prendre pied sur le plateau de Californie.

Le 23, nous organisons une contre-attaque

générale qui se produit le 24 au matin. Nos troupes, dans un élan irrésistible, reprennent la presque totalité de nos anciennes lignes. La partie, combien coûteuse et démoralisante, est définitivement perdue pour le kronprinz dans ce secteur.

Mais le fils du kaiser veut sa revanche. Il la cherche dans un secteur voisin, au sud d'Ailles. Le 25 au soir, il engage trois régiments de la 14e division sur un front restreint entre la région est d'Hurtebise et la région sud de la Bovelle. Au prix des plus lourdes pertes, l'ennemi réussit à atteindre notre première ligne de tranchées. Le 29, une attaque de notre part remet d'ailleurs ce succès en question et nous permet de progresser dans la région du monument d'Hurtebise.

En somme, toutes les tentatives du kronprinz dans l'Aisne auront été autant d'échecs.

Nous allons voir qu'en Champagne, le kronprinz n'a pas été beaucoup plus heureux.

Les furieuses attaques ennemies de la fin de mai n'avaient pu nous déloger d'aucune de nos conquêtes du massif de Moronvilliers, mais, là encore, tout en tenant les crêtes, nous n'avions pas un champ de protection suffisant pour être à l'abri des retours offensifs de l'adversaire. Le 18 juin, pour nous donner de l'air, nous attaquons entre le mont Cornillet et le mont Blond. Comme nous enlevons aux Allemands 500 mètres de tranchées, ils réagissent furieusement, avec des effectifs considérables, dans les journées du 19 et du 21, mais ne parviennent qu'à nous faire gagner encore un peu plus de terrain.

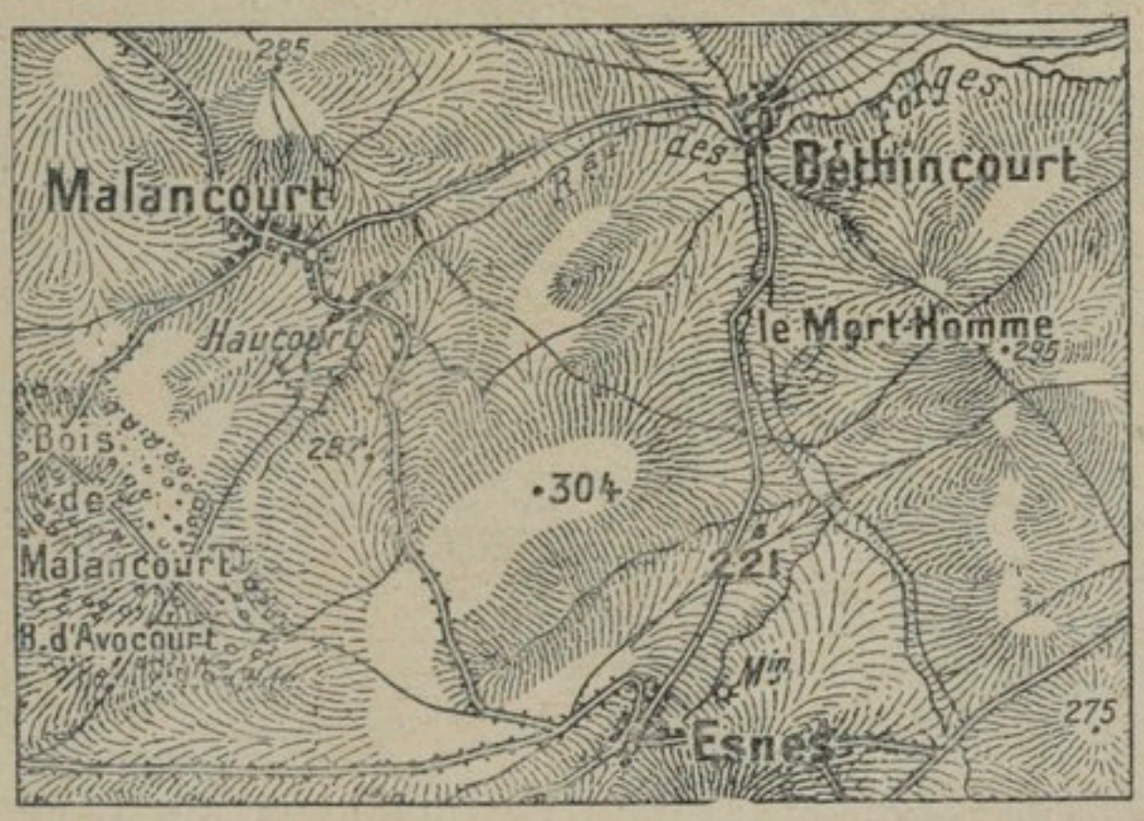
Le 14 juillet, par une brillante action, nous élargissons nos positions au nord du mont Haut (257) et sur les pentes nord du Téton (227). Nous nous emparons des tranchées allemandes sur un front de 800 mètres et une profondeur de 300 et faisons 360 prisonniers, dont une quinzaine d'officiers.

Par la suite, les contre-attaques des Allemands dans ce secteur n'ont eu aucun succès.

Devant Verdun, l'ennemi est encore repoussé

Un troisième point d'élection de l'offensive « préventive » des Allemands — c'est à dessein que nous employons ce mot préventive — est la région de la rive gauche de la Meuse. Là, les fluctuations de longs mois de lutte sous Verdun les ont laissés en position relativement favorable.

Le 28 juin, des régiments de Posnanie nous enlevèrent, sur une profondeur de 500 mètres, 2.000 mètres de tranchées de part et d'autre de la route Malancourt-Esnes, à l'endroit où elle passe au pied sud de la cote 304. Le 30, une contre-attaque nous rendait bien une partie de ce terrain, mais, sur ces entrefaites, l'ennemi avait, le 29 au soir, lancé une attaque énergique avec quatre régiments d'élite entre la cote 304 et le Mort-Homme, et restait maître des pentes ouest du Mort-Homme. On prit rapidement des dispositions pour l'en déloger.



LE MORT-HOMME ET LA COTE 304

La préparation d'artillerie, admirablement réglée, avait commencé par éprouver cruellement la 10e division de réserve, la 29e division et la 48e division allemandes, cette dernière ramenée récemment de Russie. De plus, notre action d'infanterie surprit l'ennemi en pleine relève. Les tirs de destruction et de barrage furent si bien ajustés que, quand nos troupes partirent à l'assaut, le 17 juillet, un peu avant 7 heures, elles purent avancer pour ainsi dire sans pertes. En une demi-heure, elles passaient la crête, traversaient le col de Pommerieu, atteignaient la troisième tranchée allemande et dépassaient, sur l'autre versant, leurs objectifs de 300 mètres environ.

Des contre-attaques allemandes suivirent immédiatement mais ne firent qu'aggraver les pertes de nos adversaires.

Le 28 juillet, l'ennemi revenait à la charge, mais toujours sans succès. Il paraît avoir été plus heureux le 1er août. Ce jour-là, le communiqué français disait : « Les Allemands, après une préparation d'artillerie qui durait depuis plusieurs jours, ont attaqué ce matin les positions que nous leur avions enlevées le 17 juillet ; l'ennemi n'a pu atteindre que certains éléments avancés de notre première ligne où il a été arrêté par nos feux. » Le bulletin allemand prétend qu'il y a eu mieux que cela, que l'affaire lui a valu des gains très sérieux. Gageons, en tout cas, que si l'ennemi a repris un léger avantage, il ne le conservera pas bien longtemps.

LE GÉNÉRAL KORNILOF

Nommé commandant en chef des armées russes à la place du général Broussilof.

TOUT D'ABORD VICTORIEUX, LES RUSSES ET LES ROUMAINS SONT CONTRAINTS DE SE REPLIER

Les Russes avaient entamé, le 1er juillet, une offensive dont les premiers résultats avaient été brillants. Le général Kornilof, opérant au sud du Dniester, après avoir enfoncé le front austro-allemand, s'était emparé de Halicz et de Kalusz. Les contre-attaques ennemies l'obligèrent à évacuer cette dernière ville. Toutefois, il paraissait devoir se maintenir sur les autres positions conquises, et l'offensive russo-roumaine, déclenchée le 24 juillet, semblait devoir attirer plus au sud les préoccupations de l'ennemi, quand un véritable désastre, amené par la défection des troupes, se produisit à l'aile droite des armées de Galicie.

Connaissant l'état d'esprit des soldats de la XIe armée, qui tenaient cette partie de la ligne, le prince Léopold de Bavière marcha sur leurs tranchées et réussit, sans peine, à les mettre en déroute. Bientôt, les Allemands entrèrent à Tarnopol et à Czernowitz. Les VIIe et VIIIe armées russes, qui formaient le centre et la gauche de l'armée, furent contraintes à une retraite très périlleuse,

Maintenant, voici l'ennemi à la frontière russe, qu'il a même entamée par endroits On mesure aujourd'hui tout le mal accompli par l'anarchie et le pacifisme qui, en désorganisant l'armée de nos alliés, ont rendu possibles ces succès des empires centraux.

L'avance puis la retraite des armées de Kornilof

Le 1er juillet, le général Broussilof, nommé commandant en chef de toutes les forces russes, prit l'offensive sur le front de Galicie, théâtre de ses anciens exploits. Il débuta en lançant la VIIe armée à l'assaut des lignes austro-allemandes sur la Zlota-Lipa, dans la région au nord de Brzezany, entre cette localité et Zborov. On se souvient que dans sa retraite, au mois d'août 1916, l'armée du comte Bothmer s'était accrochée à Brzezany, que les Russes débordaient par le sud, où ils avaient avancé jusqu'à la Narajowka. Broussilof chercha, en juillet 1917, à déborder Brzezany par le nord, de manière à amener son évacuation. Plusieurs villages, parmi lesquels celui de Konioukhi, furent enlevés, la seconde ligne ennemie fut atteinte, et les Allemands de la gauche de Bothmer perdirent en quelques jours 15.000 prisonniers.

Mais le commandement ennemi amena de puissantes réserves, parmi lesquelles furent identifiées six divisions allemandes, dans la région menacée, et les progrès des Russes furent paralysés. Changeant alors de tactique, Broussilof fit attaquer la VIIIe armée, qui, sous les ordres de l'énergique général Kornilof, opérait au sud du Dniester, en avant de Stanislau. Le 8 juillet, cette armée remportait une éclatante victoire sur le front Yamnitza-Zagvozd, faisant 7.000 prisonniers et capturant 48 canons. Elle occupait Jesupol, sur le Dniester, et plusieurs points de la voie ferrée de Stanislau à Lemberg, mettant en péril immédiat la ville de Halicz. Profitant de la trouée faite dans le front ennemi, le commandement russe lança en avant des masses nombreuses de cavalerie, qu'il renforça par une division de cosaques. La troisième armée autrichienne, commandée par le général Kierbach, éprouva une déroute complète. Les Russes atteignirent les rivières Loukowiza et Loukwa au delà desquelles, dans une poursuite ininterrompue, ils rejetèrent l'ennemi. Le 11 juillet, le général Tcheremissof, qui commandait la droite de l'armée Kornilof,

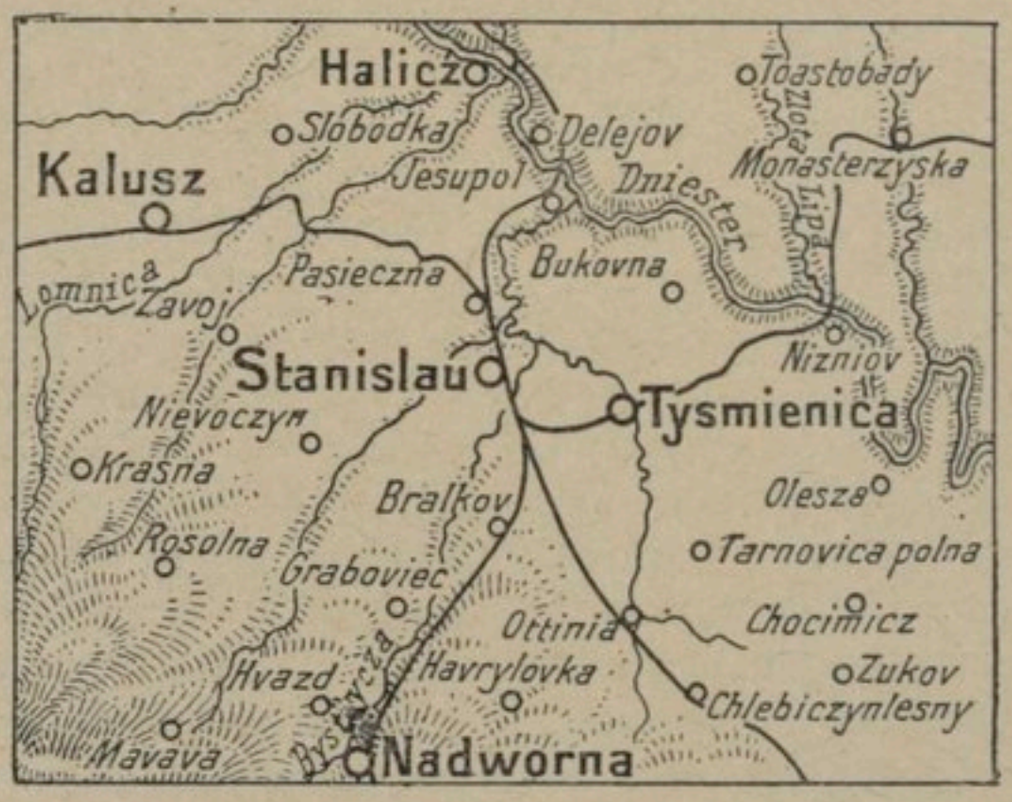
GÉNÉRAL GOUTOR

Commandant du front sud-ouest au moment de l'offensive russe, puis remplacé par le général Kornilof

s'emparait de Halicz, repoussant les arrière-gardes ennemies sur la rive gauche du Dniester. En deux jours, les Russes avaient fait plus de 10.000 prisonniers et pris 80 canons.

La route de Lemberg s'ouvrait une fois de plus, par le sud-est, devant les armées de nos alliés. Kornilof marchait, se protégeant à sa gauche par une puissante flanc-garde contre les troupes austro-hongroises rejetées dans les premiers escarpements des Carpathes. L'armée Bothmer, au nord du Dniester, se trouvait dans une situation dangereuse, sa droite ayant perdu le contact avec l'armée autrichienne de Kierbach, en pleine débâcle. Le 12 juillet, la ville de Kalusz, sur la ligne de Stanislau à Stryj, tombait au pouvoir de Kornilof. L'avance moyenne des troupes russes avait été de 12 kilomètres, et, sur certains points, de 25. La lutte se poursuivit pendant quelques jours le long de la rivière Lomnitza, particulièrement acharnée sur la gauche russe, au pied des Carpathes. Les villages de Novitza, Lodziany, Krasna, Slivki et Jasien, qui jalonnent la ligne, furent vivement disputés. Le 12 juillet, les Russes réussirent à franchir la rivière, mais ils furent vivement contre-attaqués. Le 14, ils prirent Novitza ; le 15, ils remportèrent un succès près de Lodziany, faisant 1.000 prisonniers. Mais les communiqués signalaient que la résistance de l'ennemi se faisait de plus en plus énergique. En outre, les pluies faisaient monter rapidement la Novitza et le Dniester De fortes contre-attaques allemandes se produisirent le 14 et le 15, au nord et au sud de Kalusz ; le 16, les Russes durent évacuer la ville et se retirer sur la rive droite de la Lomnitza. Ce regrettable événement est attribué à l'indiscipline des troupes qui occupaient la position et qui n'opposèrent à l'ennemi qu'une résistance tout à fait dérisoire.

L'abandon de Kalusz devait marquer la fin de l'offensive de Kornilof. Pendant ce temps, en effet, un désastre se préparait au nord de Brzezany. Le prince Léopold de Bavière, commandant en chef ennemi sur le front oriental, se mettant lui-même à la tête des troupes, attaqua entre Tarnopol et Brody. Cette partie du front était occupée par la XI[e] armée russe, où les idées révolutionnaires et pacifistes et la fraternisation avec l'ennemi avaient exercé les plus grands ravages. Sans aucun doute, les Allemands qui, le 1[er] juillet déjà, avaient été renseignés sur l'offensive par certains déserteurs russes, savaient que la XI[e] armée n'était pas disposée à leur disputer la possession de ses lignes. Au moment de l'attaque, les soldats se réunirent en « congrès régimentaires », suivant la déplorable coutume instaurée au début de la révolution, et décidèrent de se replier. Les unités gagnées aux idées de paix et de fraternisation étaient, en effet, opposées à l'offensive. On leur avait persuadé que des démocrates et des socialistes ne devaient mener qu'une guerre défensive, et ils en avaient naïvement conclu que les Russes ne devaient plus jamais attaquer.



THÉATRE DE L'OFFENSIVE DE NOS ALLIÉS

Le désastre fut lamentable. En moins de quinze jours, la ligne russe dut reculer et abandonner toutes les conquêtes faites l'année précédente en Galicie et en Bukovine. Les positions d'arrêt préparées sur le Sereth, autour de Trembowla, ne furent pas tenues plus de quelques heures. L'ennemi arriva, dans une marche triomphale, jusqu'au Zbroucz, qui forme la frontière entre la Galicie et la Podolie russe. Au sud du Dniester, le 3 août, il réoccupait Czernowitz.

GÉNÉRAL TCHEREMISSOF

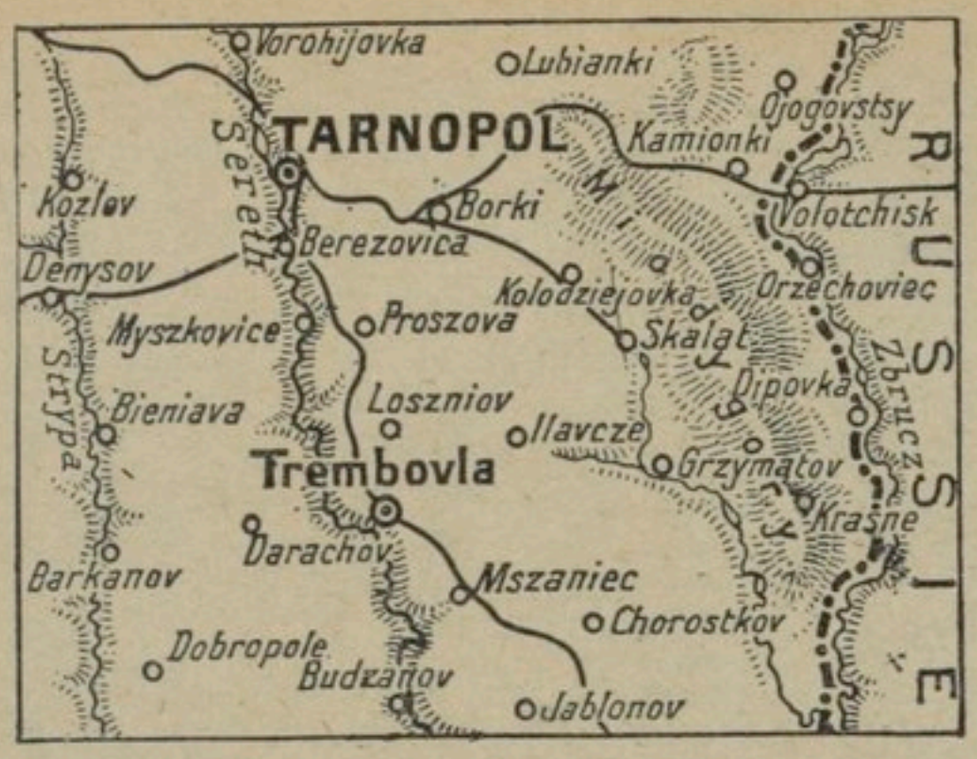
Le vainqueur d'Halicz.

Toutefois, les VII[e] et VIII[e] armées russes, qui opéraient, l'une au nord, l'autre au sud du Dniester, et que le recul de la XI[e] armée avait gravement compromises, purent échapper à la tentative d'enveloppement dont elles furent l'objet. Mais ce ne fut pas sans perdre un matériel considérable,

Le gouvernement de Kerenski, frappé de la désorganisation causée par une propagande criminelle, rétablit — trop tard — des mesures dont la discipline d'une armée ne peut se passer, notamment la peine de mort pour les déserteurs et les traîtres. Les 16 et 17 juillet, les maximalistes avaient été vaincus à la suite d'une bataille ouverte, provoquée par eux, dans les rues de Petrograd. Le pays semblait revenir à la saine raison. Mais la besogne déplorable impuné-

ment accomplie pendant quatre longs mois dans l'armée, n'en avait pas moins porté ses fruits. Le général Broussilof, jugé trop faible dans la répression, a été remplacé le 2 août par Kornilof, qui a lui-même comme successeur son lieutenant Tcheremissof. Kornilof a fait, dit-on, fusiller plusieurs centaines de déserteurs et de traîtres. Mais le bruit a couru, aussitôt démenti, que la XIe armée avait fusillé son chef, le général Erdeli.

Les troupes russes ont évidemment besoin d'une refonte complète, et seul un gouvernement fort peut y procéder. Espérons que



LA RÉGION TARNOPOL-TREMBOVLA

M. Kerenski, une fois de plus désigné par ses collègues, aura assez d'autorité et surtout assez de bonheur pour sauver son pays dans les tragiques circonstances qu'il traverse.

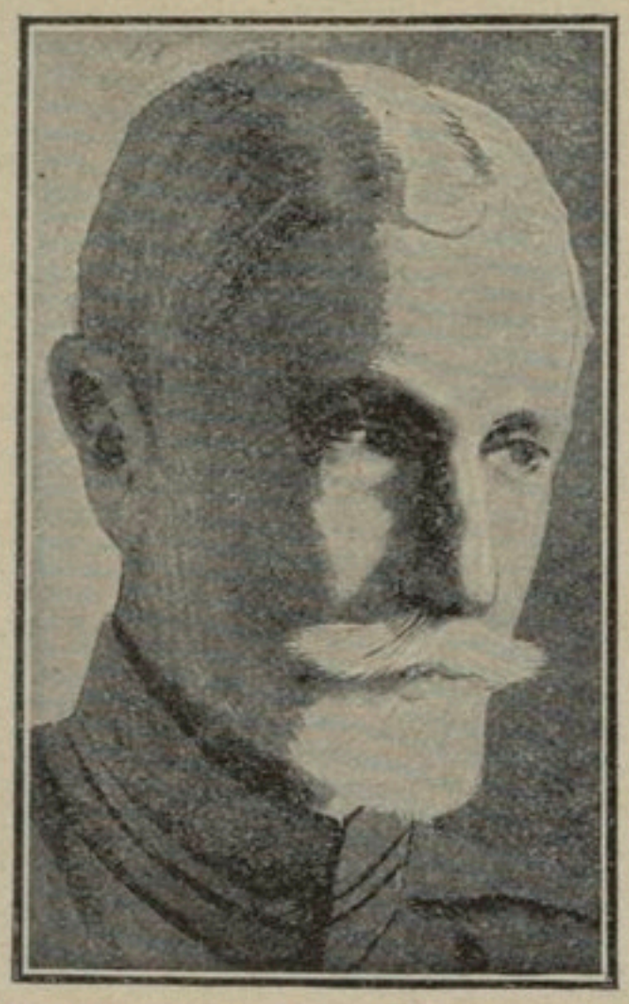
Kerenski a la confiance du peuple et il jouit d'une véritable popularité dans l'armée. Il a su dénouer les crises politiques les plus alarmantes et redonner aux troupes un peu de ce courage qui leur avait été enlevé par les manœuvres pacifistes des agents de l'Allemagne, les mêmes qui avaient organisé au front la fameuse et tant déprimante « fraternisation » avec les troupes ennemies.

Succès suivis de revers sur le front roumain

En Moldavie, le 24 juillet, les armées roumaines des généraux Averesco et Rafoza, secondées par les éléments russes du général Tcherbatchef, prirent une vigoureuse offensive à la frontière ouest, dans le massif montagneux d'où descendent les petites rivières Susita et Putna, affluents du Sereth roumain (qu'il ne faut pas confondre avec le Sereth galicien). Dès la veille, le communiqué autrichien signalait des attaques dans la chaîne qui sépare la vallée de la Putna de celle du Casinu, affluent du Trotus. Les Roumains pénétrèrent dans les positions fortifiées de l'ennemi, sur un front de 21 kilomètres et une profondeur de 3 kilomètres. Ils enlevèrent le village de Campurile, sur la Susita; les Russes prirent Gaurile, entre les deux rivières, à gauche et Volocsani, sur la Putna. Le butin était de 1.000 prisonniers et de 43 canons de divers calibres.

Le mouvement se poursuivit les jours suivants ; les troupes russo-roumaines obligèrent les Austro-Allemands à se replier dans le massif de Bereck, et parvinrent sensiblement à la hauteur de la frontière russo-roumaine, s'emparant notamment de Soveja après un brillant combat.

Mais l'évacuation par les Russes des passes des Carpathes, qui couvraient au nord-ouest le flanc droit des armées roumaines, notamment les cols de Kirlibaba et de Dorna-Watra, la reprise par les Autrichiens de Kimpolung et de Czernowitz, villes toutes proches de la frontière roumaine, mettaient les armées de Moldavie dans une position difficile, et exigeaient impérieusement l'arrêt de toute offensive. Ces armées n'avaient pas, en effet, seulement à faire face à l'ouest, mais encore au nord-ouest. L'échec général des opérations sur le front russe, au cours de la campagne d'été 1917, a donc amené la suspension de l'attaque roumaine, quelques jours après qu'elle avait débuté, et malgré ses résultats extrêmement encourageants.

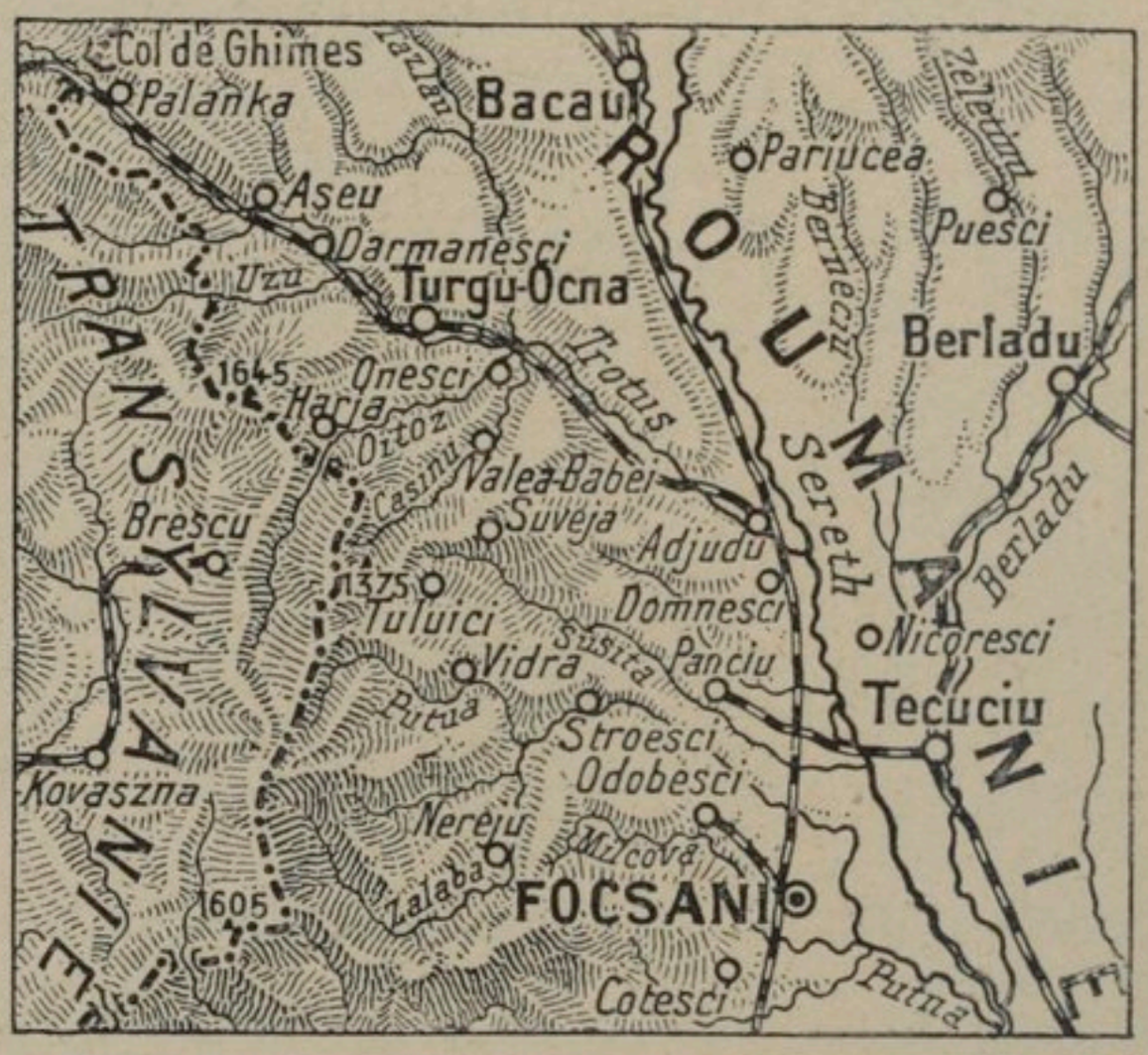


GÉNÉRAL AVERESCO

Commandant les forces roumaines opérant en liaison avec les troupe russes.

La situation devait, par la suite, devenir plus grave. La gauche austro-allemande, parvenue sur le Pruth, à Czernowitz, et l'extrême gauche ennemie, encore plus avancée, puisqu'elle a atteint le Dniester aux environs de Chotin, en Bessarabie, menaçaient par le nord les lignes de retraite de l'armée roumaine. Dans les premiers jours d'août, une manœuvre extrêmement dangereuse se dessina qui ne tendait à rien moins qu'à envelopper les armées du roi Ferdinand ou à les contraindre à une retraite précipitée. Toute action ennemie ayant cessé contre les Russes sur la ligne du Zbroucz, l'effort allemand se porta sur les deux rives du Dniester, dans l'angle formé par le confluent du

Zbroucz et du Dniester, et au sud du fleuve, dans la direction de Chotin. Deux autres colonnes se mirent en marche plus au sud, dans la Bukovine ; l'une partie de Czernowitz, descendit la vallée du Pruth, en direction de Bojan, l'autre, partie de Kimpolung, menaça la frontière nord-ouest de la Roumanie, vers Gurahumora. En même temps, l'armée de von Arz, qui avait été refoulée dans les Carpathes, vers le massif du Bereck, reprenait l'offensive entre le Trotus et la Putna, cherchant à reprendre les positions enlevées par les Roumains. A sa droite, Mackensen appuya le mouvement en déclenchant une attaque formidable au nord de Focsani, entre Marasesti et Tecuciu, le long du cours de la Suchitza.



LA RÉGION OU LES RUSSO-ROUMAINS SONT AUX PRISES AVEC LES ALLEMANDS

Dans la région du nord, les éléments russes opposés aux trois principales colonnes ennemies, offrirent une résistance assez sérieuse. Dans la boucle du Zbroucz et du Dniester, ils réussirent à ressaisir une ligne de villages à une huitaine de kilomètres en amont du confluent. La colonne austro-allemande de Czernowitz fut arrêtée sur le Pruth à hauteur de Bojan. Un autre groupe adverse se faisait battre le 7 août dans la direction de Radautz. Malheureusement, celui qui était parti de Kimpolung fut favorisé par une des nombreuses défaillances qui ont signalé cette campagne : deux régiments russes abandonnèrent leurs positions, livrant la tête d'une route qui mène à la Moldawa. Aux dernières nouvelles, l'ennemi progressait vers Gurahumora, n'ayant, toutefois, pas encore atteint la frontière roumaine.

En définitive, la marche des Austro-Allemands sur Odessa paraissait enrayée. Mais l'attaque de Mackensen, au nord de Focsani, semblait devoir prendre de redoutables proportions. Le 9 août, les Roumains lançaient des forces considérables pour la contre-attaque ; le 10, Mackensen annonçait qu'il avait repoussé tous les assauts et, contre-attaquant à son tour, avait percé la ligne de la Suchitza entre Tecuciu et Marasesti. Si la menace par le nord avait échoué, celle par le sud semblait malheureusement en voie de réussir. La bataille continuait...

Sur les fronts orientaux secondaires

En Macédoine, tout l'intérêt s'est attaché à la réorganisation de l'armée grecque et à sa coopération avec les Alliés. M. Venizelos, dont l'activité ne se dément pas, a signalé le vide trouvé à son retour dans le trésor royal et annoncé qu'au lieu d'une mobilisation jugée momentanément impossible, il devait se borner à appeler sous les drapeaux les classes 1915 et 1916. Mais l'armée grecque de Salonique, dite de défense nationale, grossie par de nombreux éléments volontaires fournis par l'ex-armée constantinienne, est toujours sous les armes ; elle sera avant peu de temps complètement réorganisée, pourvue de tout le matériel qui lui manque, et, en attendant, elle peut mettre en ligne sur le Vardar quelques solides bataillons qui ont déjà fait leurs preuves.

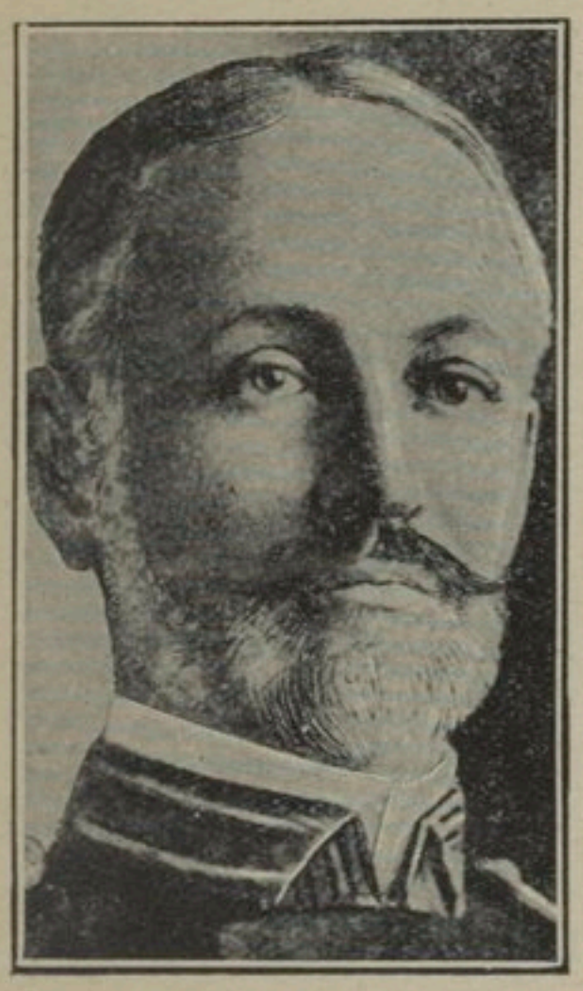
En Asie Mineure, les Turcs préparent, dit-on, une grande offensive. Le nouveau chancelier allemand, pour ses débuts, a pris la peine de l'annoncer au Reichstag. Les Ottomans se proposent de reprendre Bagdad, et de chasser les Anglais de devant Gaza. Les chaleurs de l'été interdisant toute opération, ce n'est guère avant l'automne que ces grands projets pourraient recevoir une exécution. On dit que Falkenhayn, qui a quitté depuis longtemps la Roumanie, aurait reçu le commandement en chef en Turquie d'Asie. Il est permis de croire que nos alliés britanniques ont pris les mesures nécessaires pour bien recevoir l'attaque si elle se produit, devant Bagdad comme devant Gaza. En attendant, signalons une intéressante avance des Arabes du royaume de Hedjaz qui, progressant le long de la côte de la mer Rouge, ont occupé, le 4 juillet, Akabah, à l'extrémité orientale de la presqu'île du Sinaï.

De son côté, la flotte alliée de la Méditerranée ne reste pas inactive. Dans la première semaine d'août, on signalait qu'elle avait bombardé quelques points fortifiés de la Palestine et détruit des batteries turques.

LES PRÉPARATIFS AMÉRICAINS SE POURSUIVENT FIÉVREUSEMENT

En même temps que de nouveaux ennemis — comme la Grèce, le royaume de Siam, la Chine et la république de Libéria — continuent à se dresser contre l'Allemagne dans les cinq parties du monde, l'aide que nous procure le plus puissant de nos nouveaux alliés, les Etats-Unis d'Amérique, prend une ampleur, un développement de plus en plus impressionnants.

Les projets de la grande république sont véritablement colossaux : les crédits votés pour les armées s'élèveront à un nombre imposant de milliards pour la première année de guerre. Sur ce chiffre, l'aviation est comprise pour 640 millions de dollars (3 milliards 200 millions de francs). Le 19 juillet 1917, la sélection a commencé en vue de la formation du premier échelon de 500.000 hommes, qui doit être prêt à entrer en campagne au printemps de 1918. L'ordre d'appel a été lancé le 28 juillet. Le deuxième échelon, également de 500.000 hommes, sera appelé au mois d'octobre.



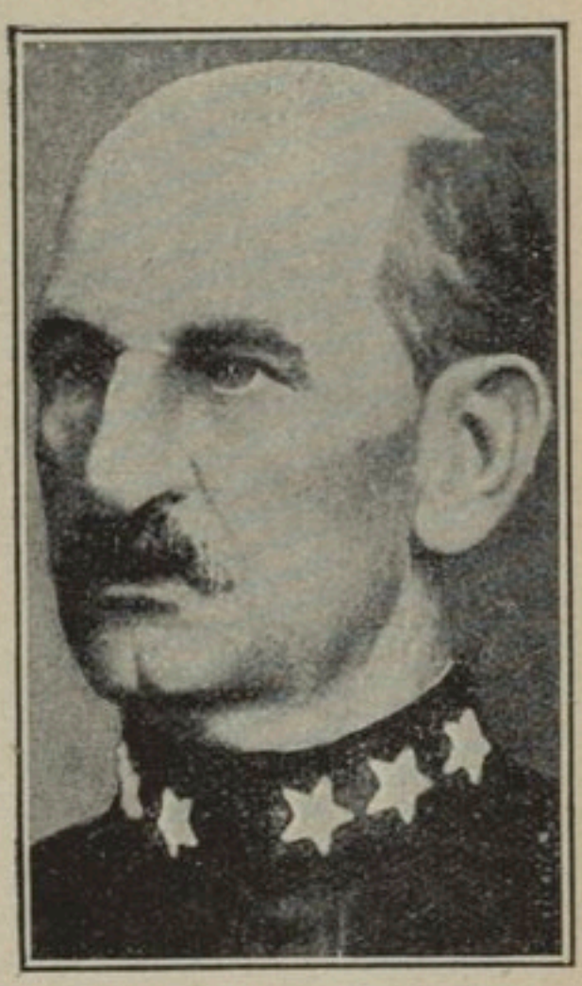
L'AMIRAL SIMS

Commandant l'escadre américaine envoyée dans les eaux européennes.

En même temps, l'entraînement des milices et de l'armée régulière fédérales se poursuivait fiévreusement. En juin, un premier contingent de la force d'un corps d'armée a débarqué sans entraves sur les côtes de France, après une traversée des plus heureuses. Des navires de guerre américains avaient escorté le corps expéditionnaire, et les rares sous-marins allemands qui tentèrent d'attaquer les transports furent très mal reçus.

Un détachement du premier contingent américain venu pour combattre aux côtés des admirables troupes anglo-françaises a reçu à Paris un accueil indescriptible ; le général Pershing, qui a sous son commandement les forces militaires envoyées chez nous par la grande république d'outre-Atlantique, a été également l'objet, de la part des Parisiens, de manifestations enthousiastes.

Le 16 juillet, un autre contingent de 125.000 hommes, encore aux Etats-Unis, est arrivé à ses cantonnements pour ses exercices de guerre. Très probablement, d'ici à l'automne, toute une armée américaine aura été débarquée sur notre territoire. Des préparatifs considérables sont faits pour la recevoir dans une de nos vieilles provinces maritimes. Le gouvernement de Washington a décidé d'interdire la publication de toutes nouvelles relatives aux préparatifs de départ et surtout aux dates d'embarquement.



L'AMIRAL MAYO

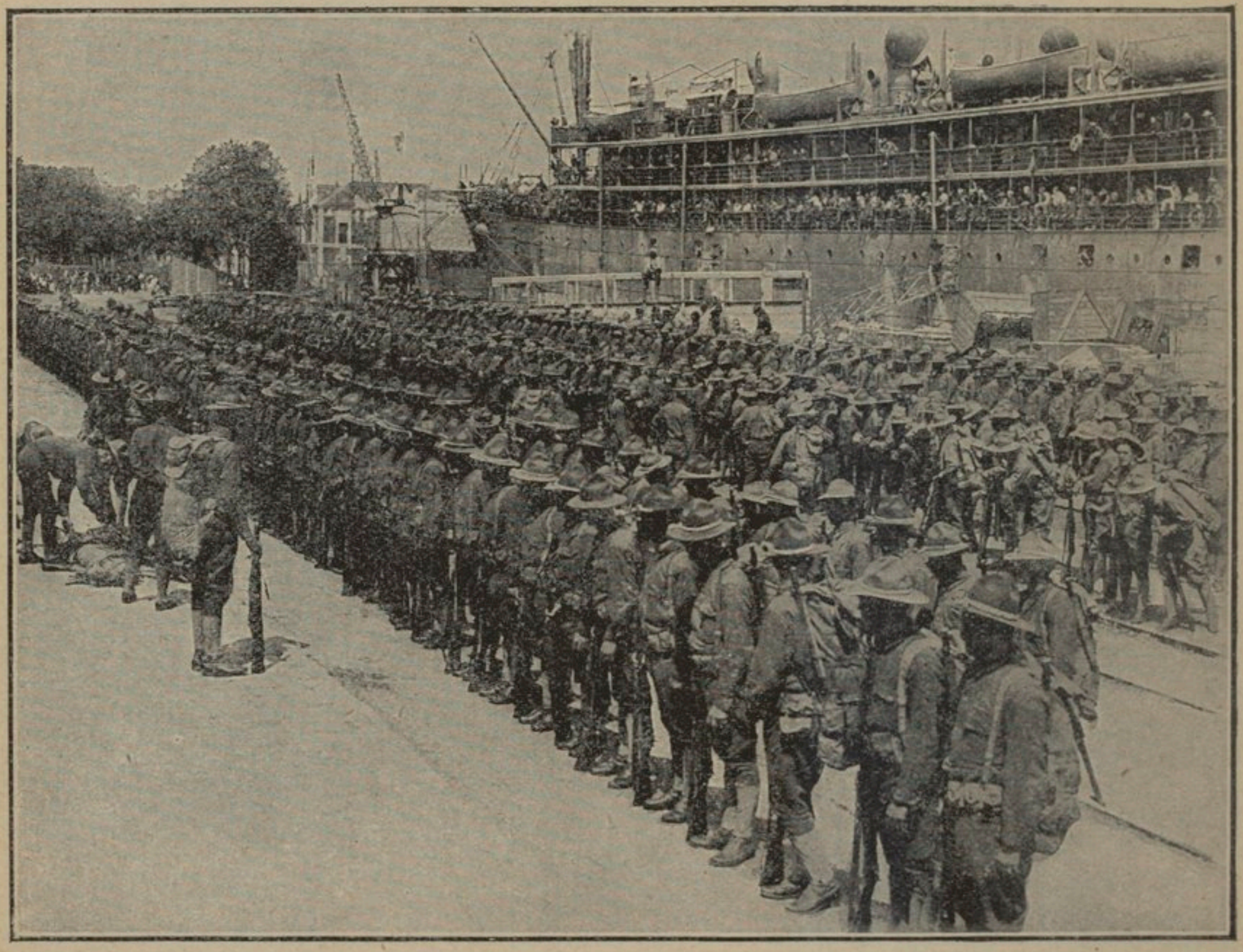
Commandant en chef la flotte américaine, réorganisée au mois de juillet.

Pour faciliter le débarquement et les mouvements de cette armée de renfort, le gouvernement américain a prévu l'exécution, en France, de travaux considérables. Pour la première année, les Etats-Unis dépenseront près d'un milliard de francs pour construire des quais de débarquement, des entrepôts pour le matériel et des voies ferrées destinées à assurer le transport rapide des troupes américaines aux points du front occidental où leur présence sera jugée nécessaire.

Un vaste programme de participation à la guerre européenne a été élaboré sans perte de temps par les autorités militaires et maritimes de notre nouvelle alliée, et l'on peut être assuré que ce programme sera exécuté promptement dans toute son étendue.

D'autre part, l'administration de la Guerre américaine s'est entendue avec le haut commissaire français, M. André Tardieu, pour unifier les calibres principaux de l'artillerie de campagne des deux armées. Afin de simplifier le ravitaillement en munitions

— chose si importante à la guerre — l'armée américaine a adopté le canon de campagne français de 75 et l'obusier léger de 155, bien qu'elle ait d'excellentes pièces de même catégorie. Une partie des canons sera fournie par les arsenaux français, l'autre sera fabriquée aux Etats-Unis sur des modèles venus de France. Cet accord était complété le 29 juillet par une autre convention relative au transport en France du matériel de chemin de fer considérable qui, comme nous l'avons



LES PREMIÈRES TROUPES AMÉRICAINES DÉBARQUÉES EN FRANCE

dit tout à l'heure, sera exigé sur notre territoire par la nouvelle armée américaine.

Le président Wilson s'occupait également, avec une activité fébrile, des questions de constructions navales, des ravitaillements, et surtout du contrôle des exportations.

Sur la première de ces questions, il a mis fin à l'antagonisme qui s'était produit entre le général Goethals et M. Denman, remplaçant le premier par M. Capps, chef des constructions maritimes, le deuxième par M. Edward Hurley. Pour le ravitaillement, un léger différend s'est élevé entre le président et le Congrès. Il a été tranché en faveur du président, qui aura tous les pouvoirs pour conduire lui-même la guerre, comme il le désire. En ce qui concerne les exportations, elles seront sévèrement contrôlées, sinon entièrement supprimées dans tous les pays du Nord qui, comme la Hollande, le Danemark, la Suède, ont, jusqu'ici, ravitaillé l'Allemagne. Par l'intervention énergique des Etats-Unis, le resserrement du blocus acquerra donc un surcroît d'efficacité.

Le gouvernement américain a modifié l'organisation de sa flotte de l'Atlantique afin de prêter aux Alliés, sur mer, une aide plus efficace. Cette force navale a été répartie en deux divisions, la première sous les ordres du vice-amiral W. Grant, ancien commandant de la flottille sous-marine, la seconde, sous le commandement du vice-amiral De Witt Coffman. L'amiral Mayo, un marin éprouvé, est le chef suprême de la flotte.

D'autre part, nos nouveaux alliés ont élaboré un programme agricole extrêmement intéressant pour nous. Pour avoir la certitude de pouvoir nous procurer en céréales le ravitaillement nécessaire, le gouvernement des Etats-Unis a ordonné l'ensemensement de 47.337.000 acres de terrain en blé d'hiver, pouvant produire 880 millions de boisseaux.

Les Américains comptent récolter, l'année prochaine, 1.250.000.000 de boisseaux de blé et 83.000.000 de boisseaux de seigle.

LES PRINCIPAUX ÉPISODES DE LA GUERRE NAVALE

En dépit des déclarations optimistes du nouveau chancelier allemand, il ne paraît pas que la guerre navale soit devenue plus favorable à l'Allemagne. Tout donne à penser, au contraire, que les espérances et les illusions conçues par les adversaires de l'Entente, ne tarderont pas à se dissiper devant la cruelle réalité des faits. Les statistiques le prouvent, et nous n'avons eu à enregistrer, dans la période qui vient de s'écouler, que des torpillages restreints. Le temps des crimes maritimes sensationnels semble passé, — non pas que les Allemands soient plus humains, mais parce que les mesures préservatrices sont désormais plus nombreuses et efficaces.

Par ordre de date, nous enregistrerons le torpillage du *Sequana*, de la Compagnie Sud-Atlantique, coulé le 8 juin dans l'Atlantique, et qui, en y comprenant les cent hommes de son équipage et un détachement de Sénégalais, avait à bord cinq cent cinquante passagers, sur lesquels on compte centquatre-vingt dix victimes.

M. CHAUMET

Successeur de l'amiral Lacaze, démissionnaire, au ministère de la Marine française. (Août 1917).

Trois jours plus tard, dans la mer Ionienne, l'*Annam*, des Messageries Maritimes, naviguait sous escorte quand il fut torpillé par un sous-marin qui, sans retard attaqué à la grenade, ne reparut pas. L'*Annam* ne semblait pas atteint irrémédiablement, et l'un des convoyeurs le prit à la remorque ; mais il coula quelques heures après. Il n'y eut dans cette affaire ni morts ni blessés. Le 13 juin, ce fut le tour du croiseur auxiliaire britannique *Avenger*, torpillé et coulé dans la mer du Nord ; un homme fut tué par l'explosion, mais le reste de l'équipage réussit à se sauver.

Le 28 juin, à la suite d'une double explosion, due sans doute à une torpille ou à une mine, le contre-torpilleur *Daxa*, navire grec ayant à bord un état-major et des marins français, coula à 100 mètres du navire de commerce qu'il convoyait, en Méditerranée ; il y eut vingt-neuf morts, dont tous les officiers. Précédemment, le transport anglais *Cameronian* avait été détruit en Méditerranée orientale, perdant cinquante-deux soldats et onze marins, y compris son capitaine. Enfin, le 30 juin, dans les mêmes eaux, le *Calédonien*, des Messageries Maritimes, disparut à son tour avec cinquante personnes ; ce navire, parti de Marseille le 12 juin, emportait un monument du général Gallieni, destiné à être érigé sur une des places de Tamatave.

Nous renoncerons à dénombrer les bateaux neutres, danois, hollandais, suédois et norvégiens envoyés au fond de l'eau par les pirates allemands, sous prétexte qu'ils transportent de la contrebande de guerre ; notamment, le torpillage du vapeur espagnol *Iparraguirre*, venant de Bergen, avec une cargaison de charbon, a produit chez nos voisins d'au delà des Pyrénées une très vive et légitime émotion.

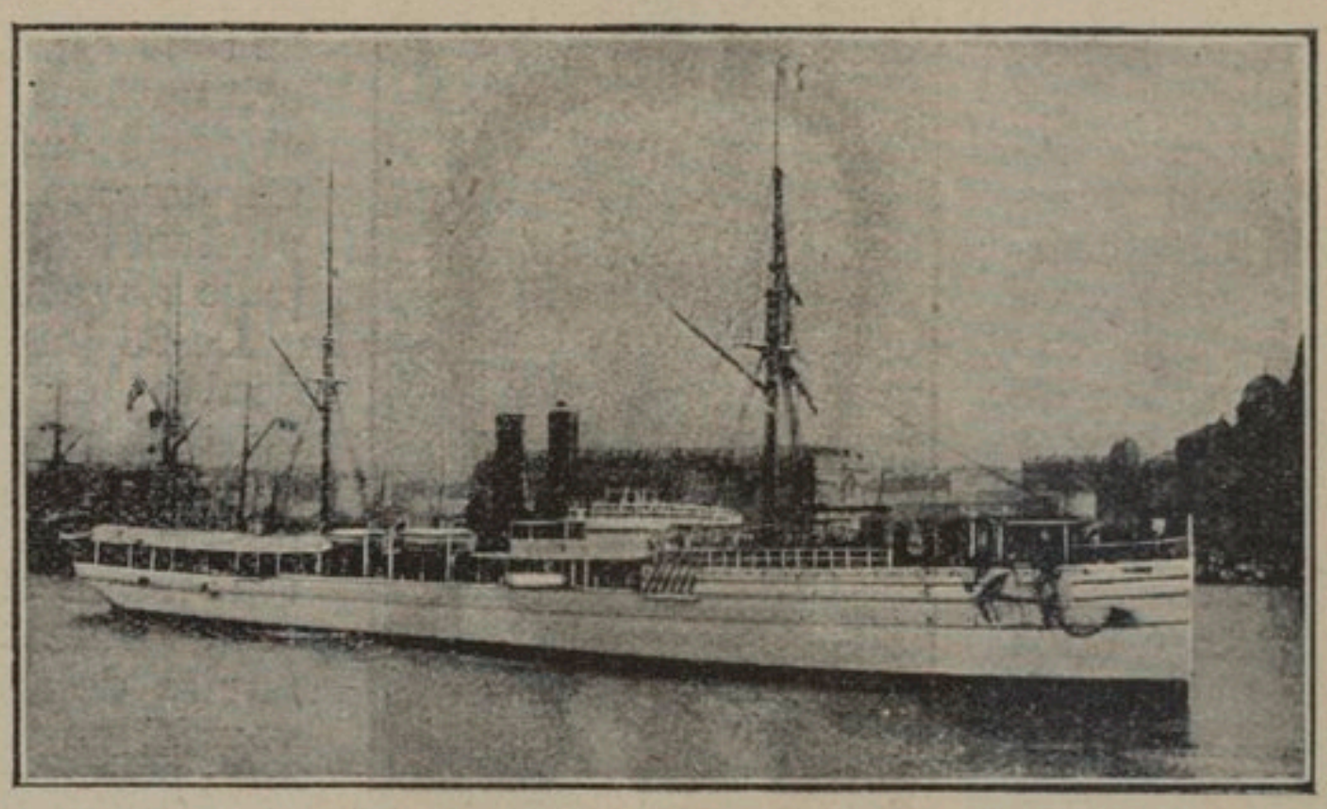
AMIRAL DEL BONO

Le nouveau ministre de la Marine italienne.

SIR HERRICK GEDDES

Le nouveau ministre de la Marine anglaise.

Nous achèverons ce résumé des faits sous-marins en rappelant l'exploit du submersible *Circé*, qui coula, devant Cattaro, un grand sous-marin ennemi, sortant du port sous la protection d'un torpilleur, et en relatant le coulage de l'*Orléans*, ce bateau américain qui, le premier, arriva en France, après la déclaration faite par l'Allemagne de la guerre sous-marine à outrance. Parvenu à Bordeaux le 26 février, précédant de quelques jours un autre cargo des Etats-Unis, le *Rochester*, ce bateau, ou plutôt son équipage, y fut l'objet d'une ovation enthousiaste.



LE PAQUEBOT FRANÇAIS « CALÉDONIEN »

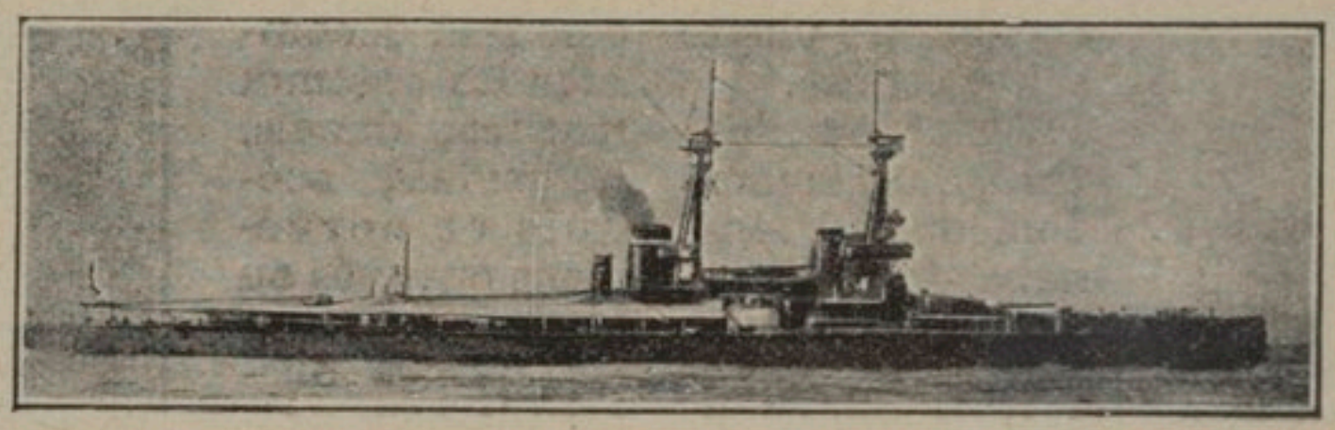
Torpillé et coulé en Méditerranée le 30 juin 1917.

Les engagements ont été peu nombreux, et, d'ailleurs, tout à l'avantage de la marine britannique. Le premier remonte au 5 juin, date du furieux bombardement d'Ostende par nos alliés. Dans la matinée de ce jour, une flottille de croiseurs légers et de destroyers, sous les ordres du commodore Tyrwitt, un des chefs les plus appréciés de la marine anglaise pour son esprit audacieux, aperçut dix destoyers allemands qu'elle prit en chasse. Les navires ennemis virèrent de bord aussitôt, fuyant à toute vitesse vers leur port d'attache, espérant éviter le feu des Anglais.

Ceux-ci engagèrent l'action à longue portée. Ils avaient adopté la marche sur deux lignes, chacune d'elles manœuvrant sur les flancs de l'adversaire. Un destroyer britannique, soutenu par un croiseur, fut le premier à mettre ses pièces en action. Son tir, d'une extrême justesse, donna très vite un bon résultat, touchant sérieusement le torpilleur *S*-20, qui ne tarda pas à sombrer. Ce navire était un des grands torpilleurs de 820 tonnes appartenant à la classe 1912-1913, et il était armé de deux canons et de huit tubes lance-torpilles. La lettre *S*, placée avant son numéro d'ordre, désigne les unités de ce type construits à Elbing par les chantiers Schionau. Sept hommes de son équipage furent sauvés par les Anglais ; il n'est pas probable que le reste ait été recueilli par les autres navires allemands, qui, dans leur fuite rapide, n'eurent que le temps de se réfugier à l'abri d'un important champ de mines disposées au large de la côte belge.

Le commodore Tyrwitt, réputé, comme nous venons de le dire, pour son esprit de décision et d'audace, est un des chefs les plus justement populaires de la flotte anglaise. On n'a pas oublié la part très active qu'il prit, comme commandant de l'*Arethuse*, à la bataille d'Heligoland, où il contribua à la destruction du *Meinz*. Au combat du Dogger-Bank et à la bataille du Jutland, il se distingua également, et fut de cette extraordinaire affaire d'Harwich, au début du mois de mai, où quatre destroyers anglais parvinrent à mettre en fuite onze destroyers allemands.

Tandis que la marine anglaise obtenait ce succès du 5 juin, d'autres forces navales britanniques bombardaient, avec une violence inouïe, la base maritime et les ateliers ennemis d'Ostende. Les vues prises par les photographes envoyés en reconnaissance aérienne prouvèrent que le bombardement avait complètement atteint son but. La plupart des ateliers de l'arsenal d'Ostende furent détruits ou sérieusement endommagés ; de même, les portes d'entrée et la jetée du bassin des sous-marins, les abris de ces derniers furent très fortement atteints, ainsi qu'un destroyer en réparation ; enfin, dans le port, plusieurs navires furent coulés. Il n'est pas inutile de rappeler que, quelques jours auparavant, une escadre anglaise, composée surtout de croiseurs armés de grosses pièces, concentra sur Zeebrugge et



LE CUIRASSÉ ANGLAIS « VANGUARD »

Mystérieusement détruit le 9 juillet 1917 tandis qu'il était à l'ancre dans un port de la Grande-Bretagne.

ses environs un feu terrible, qui causa les plus graves dégâts aux organisations ennemies, dans lesquelles les explosions se poursuivirent durant plusieurs heures, pendant que de violents incendies éclataient sur divers points des secteurs bombardés. Les batteries allemandes cherchèrent à répondre, mais, gênées par la brume, elles ne parvinrent pas à régler leur tir, et ne causèrent à nos alliés que des dommages sans gravité, en dépit d'une consommation extraordinaire de projectiles. En cette circonstance, la marine germanique resta fidèle à sa prudence ordinaire: les torpilleurs allemands qui se trouvaient dans le port, et qui étaient sous pression, n'essayèrent pas de sortir et demeurèrent inertes aussi longtemps que continua le bombardement.

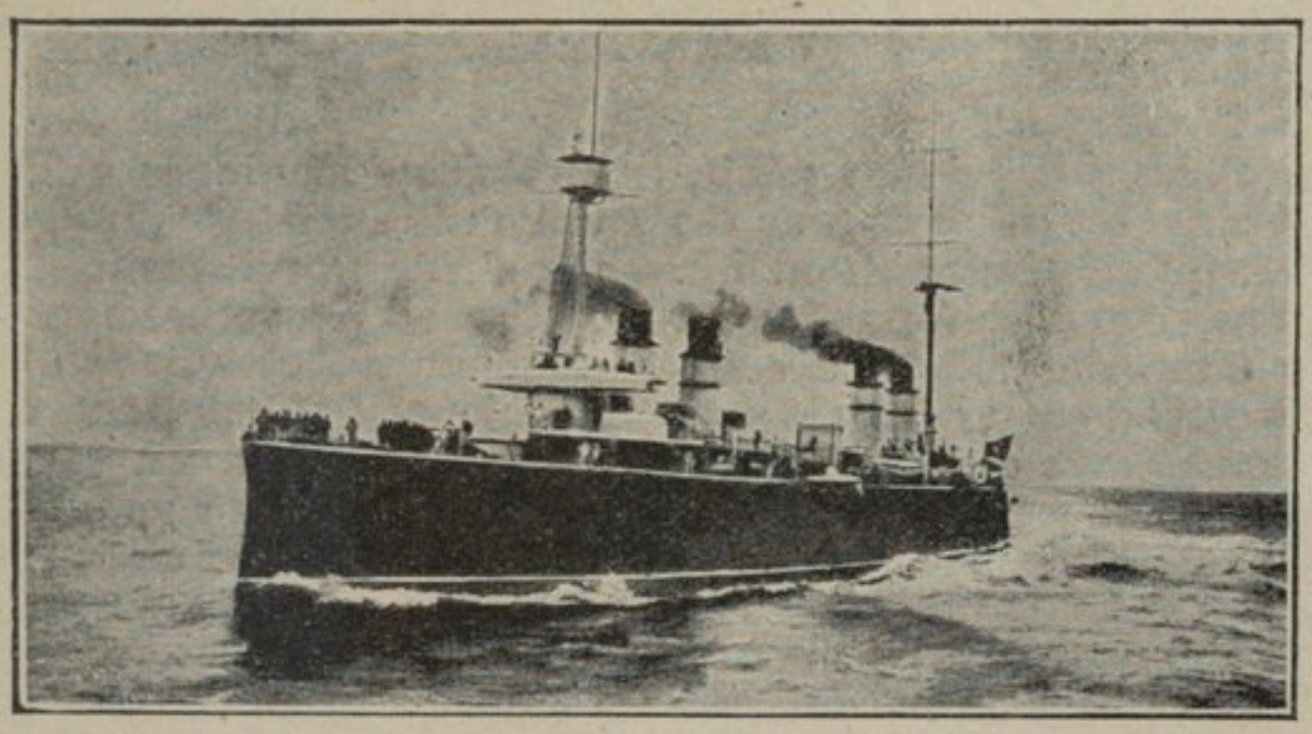
Aucune autre action importante n'est à signaler. Notons, pourtant, la destruction de deux hydroplanes allemands par le chalutier anglais *Iceland*, qui ramena prisonniers les quatre aviateurs, le 9 juillet, et la capture de quatre vapeurs ennemis par une escadrille anglaise. Cette escadrille patrouillait dans la mer du Nord quand elle aperçut, le 16 juillet, un peu avant 5 heures du matin, un convoi de vapeurs allemands, auxquels elle donna aussitôt la chasse. Tirant devant les bâtiments, les Anglais leur ordonnèrent de s'arrêter, mais les vapeurs, au lieu d'obéir, prirent la fuite à toute vitesse vers la côte hollandaise. Deux d'entre eux, sérieusement endommagés, atteignirent néanmoins les eaux hollandaises, mais quatre autres furent capturés par les contre-torpilleurs anglais, qui placèrent à leur bord des équipages de prise, lesquels les conduisirent dans des ports britanniques avec toute leur cargaison.

M. DE MONZIE

Sous-secrétaire d'Etat des Transports maritimes et de la Marine marchande.

La marine américaine n'a pas encore eu le temps de prendre une part active aux opérations de guerre proprement dites. Néanmoins, plusieurs navires des Etats-Unis ont eu à soutenir un combat nocturne contre une escadrille de sous-marins de grand modèle, qu'ils parvinrent à mettre en déroute. Un des submersibles ennemis fut certainement coulé, et le communiqué du département d'Etat disait qu'on avait des raisons de croire que quelques autres avaient subi le même sort. Ces sous-marins attendaient un convoi au large de la zone dangereuse, et la connaissance de ce fait causa une intense émotion à Washington, car on y vit la preuve que des indiscrétions s'étaient produites dans les bureaux de la marine, et ceci eut pour effet d'accroître l'activité des mesures américaines contre l'espionnage allemand, dont on n'ignore pas l'intensité aux Etats-Unis, mais que nos alliés sauront bien détruire. Au sujet de cette rencontre, rappelons qu'au début du mois de juin un steamer américain armé engagea un vif combat avec un sous-marin ennemi. Ce dernier tira trente-cinq coups de canon sur le vapeur, qui en tira vingt-cinq. Le dernier atteignit le submersible qui, la poupe en l'air, se dressa complètement hors de l'eau durant une dizaine de secondes, puis disparut, probablement coulé. Le steamer, pour sa part, n'avait reçu aucune avarie, et il continua sa route.

Nous complèterons cet exposé en rappelant qu'un autre sous-marin ennemi fut attaqué et coulé dans la Méditerranée, le 12 juin, par une des flottilles japonaises patrouillant dans ces parages. Cette nouvelle puise surtout son intérêt dans ce fait qu'elle a mis pour la première fois en lumière, d'une manière officielle, la coopération de la marine nationale japonaise avec celle des Alliés, dans l'immense bassin méditerranéen.



LE CROISEUR CUIRASSÉ FRANÇAIS « KLÉBER »

Il a sauté sur une mine non loin de la côte française.

La marine de guerre britannique a fait une perte assez sensible le 9 juillet : le cuirassé *Vanguard* a sauté pendant qu'il était à l'ancre dans un port et un grand nombre des hommes de l'équipage ont péri, le bâti-

ment ayant coulé instantanément. D'après les résultats de la première enquête, cette explosion aurait une cause accidentelle. Le *Vanguard* jaugeait 19.550 tonnes ; il mesurait 153 mètres de longueur et 23 m. 60 de largeur ; il était armé de dix canons de 305 m/m, de dix-huit canons de 101 m/m et possédait trois tubes lance-torpilles.

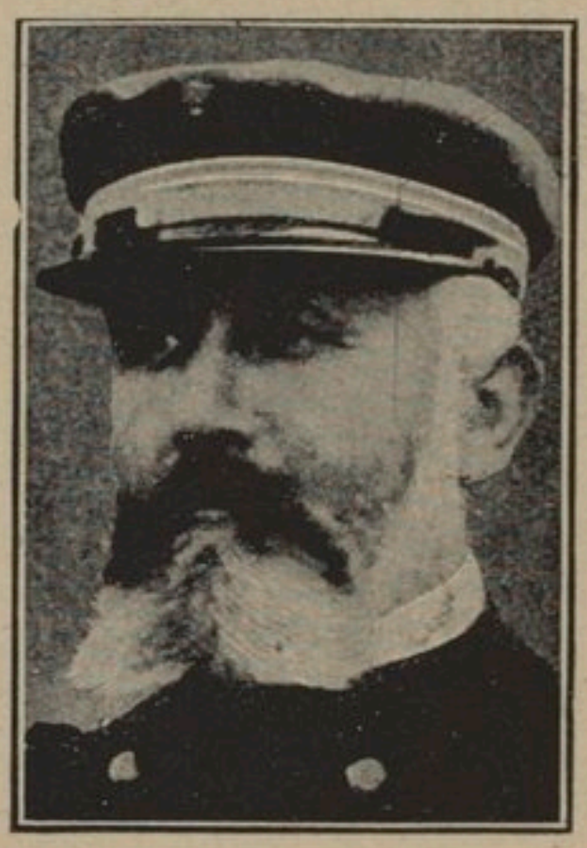
De notre côté, nous avons perdu le croiseur-cuirassé *Kléber*, qui a sauté au contact d'une mine dérivante en vue des côtes de France, et le sous-marin *Ariane*, torpillé et coulé par un submersible ennemi, dans la Méditerranée, le 19 juin. Tous les officiers ont péri ainsi qu'une partie de l'équipage ; neuf hommes seulement ont péniblement réussi à échapper à la mort.

En dehors de leurs actions criminelles, les sous-marins allemands ont provoqué divers incidents. Tout d'abord, c'est l'*U*-52, rencontré aux abords de Cadix par un torpilleur espagnol et qui, très avarié, fut amené au port, où il put procéder à des réparations ; il reprit la mer beaucoup plus tard. Cette affaire, on s'en souvient, a donné lieu à des polémiques pleines de vivacité dans la presse espagnole, dont une grosse fraction montra son étonnement en face de la complaisance dont il fut fait preuve envers les Allemands en cette occasion. L'opinion française en fut affectée aussi pour sa part dans une certaine mesure. A la suite des représentations qui lui furent faites par les Alliés, le gouvernement espagnol décida et fit officiellement savoir qu'à l'avenir les eaux territoriales et les ports de la péninsule Ibérique seraient interdits à tous les submersibles, quelle que fût leur nationalité.

Cette interdiction n'empêcha nullement, dans les derniers jours de juillet, le sous-marin allemand *U-B*-23 d'entrer dans le port de la Corogne, sous prétexte que des avaries sérieuses l'empêchaient de poursuivre sa navigation. On décida de l'interner jusqu'à la fin des hostilités, et il fut conduit au Ferrol escorté par le torpilleur *Audas*. Le gouvernement allemand n'a pas manqué de protester contre cette décision, disant qu'elle était contraire à la convention de la Haye.

D'autre part, les submersibles allemands *U*-6 et *U*-30 s'étant échoués sur la côte hollandaise, le gouvernement de la reine Wilhelmine décida de les interner. Sur les protestations de l'Allemagne, l'incident fut soumis à une commission internationale d'arbitrage réunie à la Haye. Il fut décidé que seul l'*U*-6 serait interné, le commandant de l'*U*-30, selon le rapport de la commission, n'ayant pu éviter les eaux hollandaises.

Depuis la publication du dernier numéro de *La Science et la Vie*, des changements importants sont survenus dans le haut personnel administratif de quelques marines alliées. C'est ainsi qu'en France, l'amiral Lacaze a été remplacé au ministère de la Marine par M. Chaumet, ayant comme sous-secrétaire d'État M. J. L. Dumesnil, député; au ministère de la Marine italienne, le vice-amiral Del Bono a succédé au contre-amiral Triangi ; en Angleterre, sir Harrick Geddes, qui a organisé les chemins de fer sur le front britannique en France, a été nommé premier lord de l'Amirauté en remplacement de sir Edward Carson, entré dans le cabinet de Guerre, sans portefeuille. Chez nous, un sous-secrétariat d'Etat des Transports et de la Marine marchande a été créé et confié à M. de Monzie.



AMIRAL MERVEILLEUX DU VIGNAUX

Premier directeur du service de défense contre les sous-marins, remplacé par l'amiral Salaün.

Cet article ne serait pas complet si nous n'y faisions pas mention de l'intéressante réforme accomplie en France, dans le but d'assurer le bon fonctionnement du service de défense contre les sous-marins, créé rue Royale par l'amiral Lacaze. Ce service, conformément au vœu du Parlement, a été transformé en une direction générale de la guerre sous-marine, groupant tous les services concourant à la lutte contre les submersibles. Placé sous la direction de l'amiral Merveilleux du Vignaux, puis sous celle de l'amiral Salaün, ce nouvel et important organisme, duquel on peut attendre les meilleurs résultats, rendra plus difficile encore la tâche des pirates germaniques qui, malgré les assertions intéressées du gouvernement allemand, ne parviennent pas à obtenir le résultat si pompeusement annoncé, et qui n'est autre, comme on sait, que la ruine navale et l'affamement de l'Angleterre.

Ces assertions, M. Michaëlis, le nouveau chancelier, n'a pas manqué de les reproduire, dans son premier discours, mais M. Lloyd George a rétabli la vérité. Il a déclaré que la production des navires anglais augmente, tandis que les pertes en mer diminuent, ayant été constamment en décroissance depuis le mois d'avril et n'étant plus, au milieu de juillet, que la moitié de ce qu'elles étaient alors. L'Angleterre, en 1917, construit quatre fois plus de navires qu'en 1916. « Bien plus, a dit M. Lloyd George, durant les deux derniers mois, nous en avons construit autant que dans toute l'année dernière; l'an prochain, nous en construirons six fois plus. » Ces paroles ne constituent pas un grand encouragement pour les Allemands.

LES CHAMPS DE BATAILLE DE L'AIR

Nous avons déjà constaté, dans nos précédents exposés des faits de la guerre aérienne, l'avortement des dirigeables allemands. La dernière période n'a fait que confirmer cette appréciation. Un seul raid a eu lieu. Dans la matinée du 17 juin, quelques zeppelins, abordant les côtes anglaises, s'aventuraient rapidement au-dessus des terres, lançaient des bombes qui ne causaient que des dégâts matériels, et, vivement canonnés, se hâtaient de reprendre le large ; pas assez vite cependant, puisque l'un d'eux, poursuivi par un aviateur, s'enflammait dans les airs et périssait avec tout son équipage. Depuis lors, les Allemands n'ont pas jugé à propos de renouveler ces tentatives qui, dans la plupart des cas, ont été si malheureuses pour eux, et les événements semblent indiquer clairement que c'est à l'aviation qu'ils auront désormais recours.

M^al DES LOGIS GALLOIS

Le 7 juillet 1917, il bombarda les usines Krupp, à Essen.

C'est contre l'Angleterre que continua de s'exercer particulièrement la fureur allemande. On connaît les détails du fameux raid du 13 juin, auquel prirent part une quinzaine d'aéroplanes ennemis et qui causa la mort de 104 personnes ; en outre, 154 furent grièvement blessées et 259 légèrement. Parmi les victimes, indépendamment d'un nombre très élevé de femmes, se trouvaient 120 enfants, car des bombes furent lancées sur des écoles, où elles firent d'affreux ravages. Dans celle du London Country Council, une soixantaine d'élèves furent tués ou blessés, et, sur divers points des quartiers populeux survolés par les meurtriers, des scènes atroces se produisirent. Il était alors proche de midi, les rues avaient une vive animation, et la population, non prévenue du danger, offrait une proie facile aux assaillants, qui eurent le temps de se retirer, n'ayant atteint, au surplus, aucun établissement militaire. Ce raid était le deuxième du mois de juin. Quelques jours auparavant, dans la soirée du 4, seize avions ennemis avaient bombardé Essex, ainsi que les installations militaires et navales, tuant deux personnes, en blessant 29 mais ne causant que des dégâts tout à fait négligeables aux établissements qu'ils visaient.

LE SERGENT BOYAU

Le 31 juillet 1917, il abattait son cinquième avion ennemi.

Le 4 juillet, nouvelle attaque d'Essex et de Harwich, par une quinzaine d'avions : 11 morts et 36 blessés ; mais, en revanche, aucun résultat pratique. Au retour, deux des appareils allemands furent détruits sur le littoral belge par des aviateurs anglais de Dunkerque, tandis qu'un troisième était descendu en mer, au large d'Ostende, par un aviateur français. Mais ceci n'était qu'une simple démonstration. Les Allemands rêvaient de renouveler leurs forfaits de juin, et c'est dans ce but qu'une trentaine de leurs avions se dirigèrent sur Londres, dans la matinée du 7 juillet. Ils abordèrent la capitale du côté nord-est, puis, changeant de direction, se portèrent au nord et à l'ouest, lan-

LA RÉGION DU GRAND-DUCHÉ DE BADE BOMBARDÉE PAR DES AVIATEURS ALLIÉS

çant des bombes sur divers points de la ville pendant que l'artillerie anglaise et des escadrilles engageaient le combat contre eux. Prévenue, la population, après avoir envahi les rues au premier moment, se réfugia à l'intérieur des maisons, prenant les indispensables précautions, ce qui eut pour effet de rendre le raid moins sanglant. Il y eut, néanmoins, 43 morts et 147 blessés, tant à Londres que sur le parcours des appareils ennemis. Dix de ces derniers furent détruits au retour de cette expédition, et précipités dans les flots. Le 22 juillet, Harwich fut de nouveau bombardé par des appareils ennemis, et il y eut 11 tués.

Le 9 juillet, des avions anglais survolèrent la ville et le port de Constantinople, bombardant le ministère de la Guerre et les navires ; le *Gœben* fut particulièrement le but de leur expédition ; il reçut de nombreuses et graves avaries. Quant à l'exploit du maréchal des logis Gallois, renouvelant celui du regretté capitaine de Beauchamp, tué depuis au front de Verdun, et bombardant les usines Krupp, à Essen, on ne saurait le comparer aux tueries de Londres. Parti à 9 heures du soir et revenu à 4 heures du matin, ayant accompli un trajet de 700 kilomètres, non sans avoir été canonné, le hardi aviateur avait lancé dix gros obus sur les ateliers Krupp. Au cours de cette même nuit du 6 au 7 juillet, 84 appareils français, sur lesquels 2 seulement ne rentrèrent pas, lancèrent près de 14.000 kilos de projectiles sur des villes et des installations allemandes. Ardisson avait bombardé Trèves, et Durand avait fait de même à Coblentz, ces deux expéditions constituant des représailles pour les bombardements de nos villes ouvertes. Sept incendies se déclarèrent à Trèves, dont un dans la gare centrale. A Ludwigshafen, les bâtiments de l'importante usine de la Badische Anilin devinrent la proie des flammes. Des projectiles furent également lancés du haut des airs sur certaines localités du grand-duché de Bade, Marbach, Donaueschingen, etc...

Le succès de son raid sur Essen a placé en pleine lumière le nom du maréchal des logis Gallois, ancien territorial admis dans l'aviation sur ses instances réitérées, et qui, malgré son âge, est un de nos pilotes les plus actifs et les plus audacieux. Avec lui, il faut citer, parmi les nouveaux « as », l'adjudant René-Paul Fonck, qui s'est distingué dans un combat contre plusieurs avions ennemis. L'adjudant Paillard, pour son compte, avait accompagné Gallois à Essen, mais n'en était pas revenu ; on le croyait mort ou prisonnier ; en réalité, il avait réussi à descendre en Hollande, où il est interné. Guynemer a poursuivi ses succès, abattant notamment quatre appareils en un jour, puis un autre, ce qui porte à cinquante le nombre de ses victoires ; on sait qu'il a été nommé officier de la Légion d'honneur. Le lieutenant Deullin en était à son dix-septième appareil allemand abattu, et le capitaine Matton à son neuvième. Depuis lors, deux nouveaux « as » se sont révélés : le sergent Boyau et le sous-lieutenant Marcel Hugues. Nous avons malheureusement à enregistrer la disparition du brillant aviateur Dorme qui, le 18 mai dernier, avait remporté sa vingt-troisième victoire ; parti en reconnaissance le 25 mai, il n'a pas reparu à son centre, et l'on ignore quel a été son sort. L'ancien champion cycliste Lapize, entré dans l'aviation sur sa demande, et qui s'était déjà fait remarquer par son courage, a été tué, le 14 juillet, en combattant seul contre plusieurs appareils. Tués également le vaillant capitaine Auger et le sous-lieutenant Languedoc, ce dernier accidentellement.

LAPIZE

L'ancien coureur cycliste devenu aviateur, tué dans un combat aérien.

Il nous faut renoncer à récapituler les multiples expéditions des aviateurs alliés sur les gares, usines, établissements militaires centres d'aviation, bases navales, etc., des Allemands, ainsi que les combats quotidiens où les héros de l'air se couvrent de gloire, et dont on mesurera la violence quand nous aurons dit qu'à deux reprises, les aviateurs de l'armée britannique abattirent trente et un avions ennemis dans une seule journée.

En matière d'aviation, comme en toutes choses, d'ailleurs, les Allemands deviennent de plus en plus odieux. Les bombes de soixante et cent kilos qu'ils jettent sur certaines villes ouvertes françaises, presque toujours les mêmes, ne leur suffisent pas ; ils chargent maintenant ces projectiles avec des matières asphyxiantes, perfectionnement de la chimie meurtrière. Dans les premiers jours du mois d'août, les habitants d'Armentières ont fait la cruelle expérience des procédés sauvages de l'ennemi. Il y a mieux : ils tirent maintenant sur les aviateurs alliés — le fait a été officiellement signalé — avec des projectiles au phosphore qu'ils employaient jadis pour incendier nos ballons-observatoires.

Nous terminerons en signalant les deux tentatives d'expédition d'avions allemands sur Paris, la première dans la nuit du 27 juillet, où quelques bombes furent lancées sans causer de grands dégâts ; la seconde, la nuit suivante, où les pilotes ennemis ne purent même pas aborder le département de la Seine.

LE ZINC, METAL DE GUERRE

Par Frédéric DE LESTRAC

Après le fer et le cuivre, le zinc est, avec le plomb, le nickel et l'aluminium, un des principaux métaux de guerre.

Les emplois de ce métal sont surtout fondés sur son peu d'altérabilité à l'air et sur sa malléabilité, qui permet de le laminer en feuilles très minces. Enfin, il possède la propriété de donner, par mélange avec d'autres métaux, des alliages dont le plus important est le laiton ou cuivre jaune, employé dans la fabrication des appareils de chaudronnerie, de robinetterie, d'éclairage, etc., ainsi que dans la construction des armes et des instruments de physique. Le laiton d'aluminium, à base de zinc, est un métal d'une élasticité remarquable. Il y a longtemps que l'usage de recouvrir les tôles et les fils de fer d'une légère couche de zinc par le procédé de la galvanisation s'est répandu dans l'industrie, pour retarder l'oxydation et pour augmenter la durée des objets métalliques. Le laiton et le maillechort sont utilisés pour les balles de fusils, et le zinc brut fournit à l'orfèvrerie le métal blanc, le métal Delta, l'alfénide et autres matières qui servent pour la fabrication des couverts à bon marché.

L'une des principales applications du laiton dans les industries de guerre est l'emboutissage des douilles, qui demande un produit excessivement pur et malléable, obtenu au moyen d'une métallurgie toute spéciale.

Le zinc laminé sert pour les toitures, à la place des tuiles ou de l'ardoise, car il permet d'obtenir des couvertures légères, solides et résistant parfaitement aux agents atmosphériques. On emploie aussi le zinc laminé pour empêcher la formation des incrustations dans les chaudières à vapeur. Dans les ateliers de gravure, on reporte sur des plaques de zinc des cartes en couleurs, des estampes, etc. Le zinc en plaques sert aussi à satiner les papiers, et l'on emploie dans les piles électrique des baguettes de zinc de formes diverses. Le blanc de zinc remplace avec avantage la céruse, aujourd'hui proscrite, à cause des propriétés vénéneuses du plomb et de ses composés.

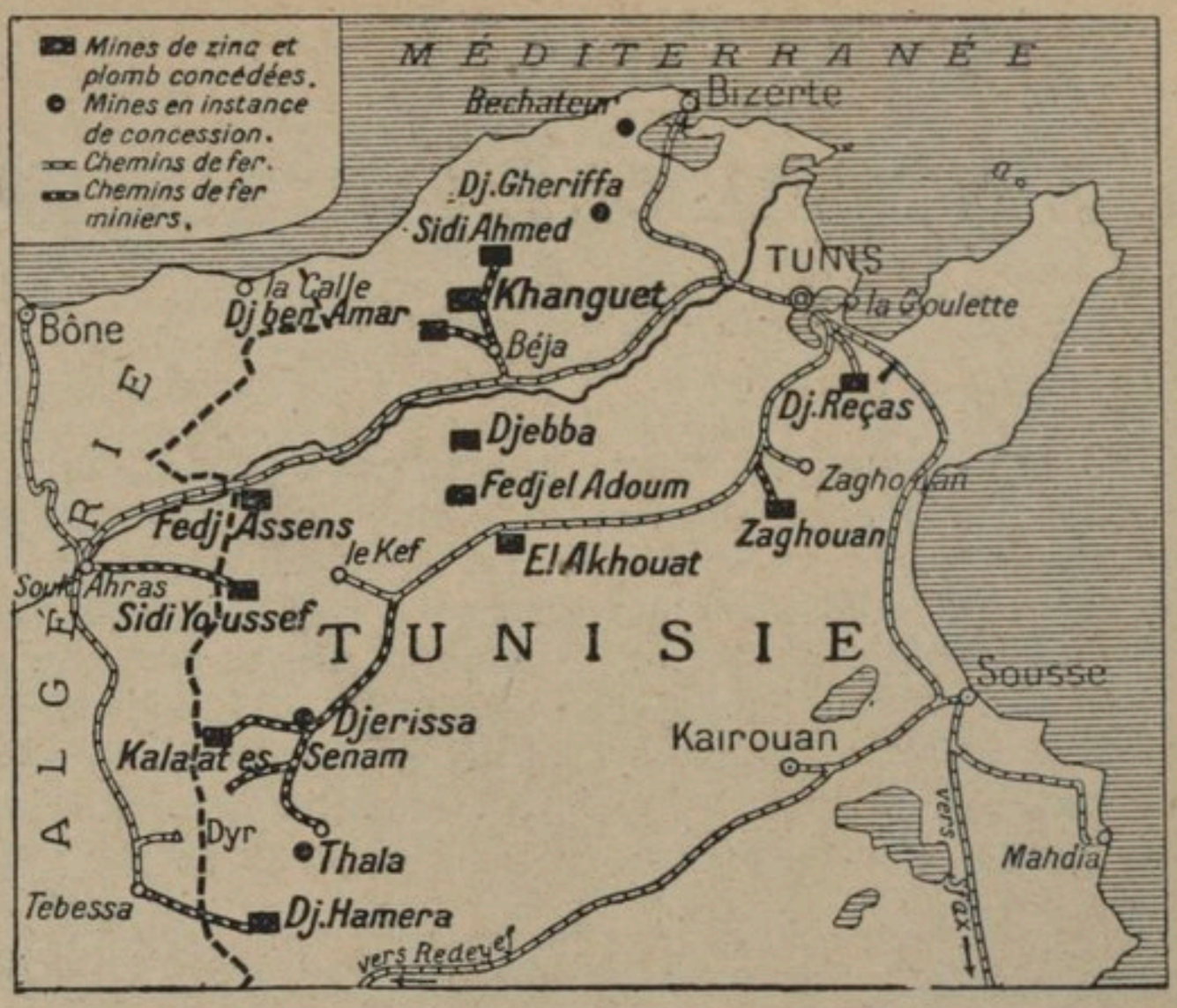
CORNUE D'UN FOUR A ZINC PERCÉE PAR UN COUP DE FEU

Malgré les emplois multiples du zinc qui donnent lieu à une demande active, sa métallurgie ne remonte guère qu'au commencement du XIXe siècle, à l'époque où l'abbé Daniel Dony parvint, après de longs et coûteux essais, à créer une méthode de réduction des oxydes de zinc. Son procédé de condensation des vapeurs du métal réduit a permis d'obtenir à bas prix un zinc suffisamment malléable pour être laminé avec facilité.

Le zinc se trouve dans la nature sous deux formes principales : la blende, qui est un sul-

fure, et la calamine, nom sous lequel on désigne la calamine proprement dite ou hydrosilicate de zinc, et la smithsonite, qui est un carbonate de zinc.

La blende contient, théoriquement, environ 70 % de zinc, tandis que les teneurs calculées de la calamine et de la smithsonite sont de 52 et de 53 %.

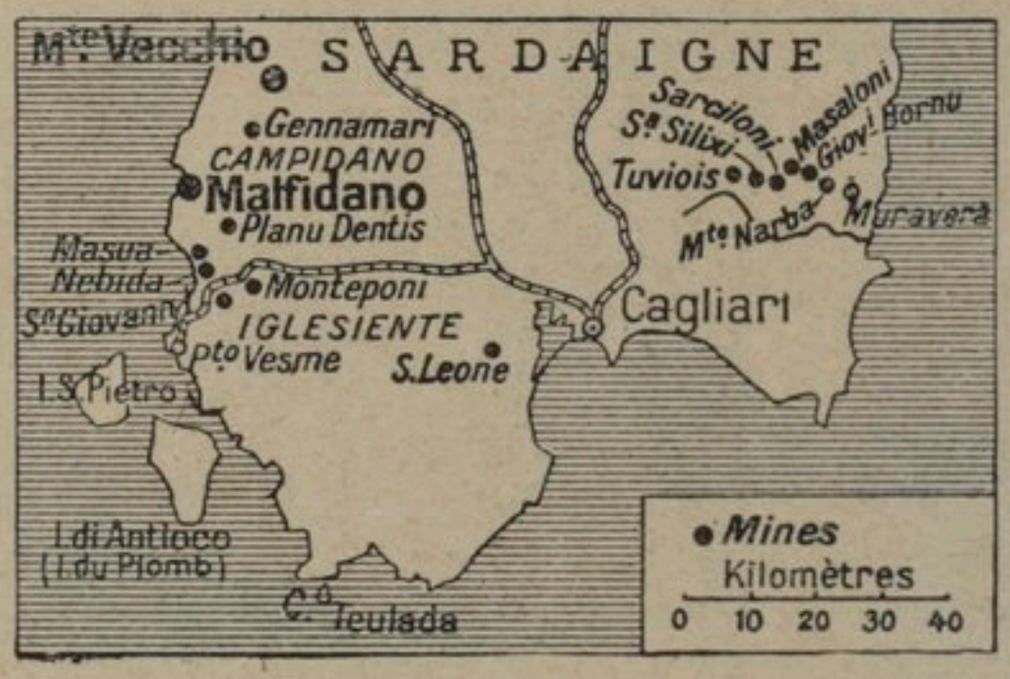


LES GISEMENTS ZINCIFÈRES DE LA RÉGION DE TUNIS

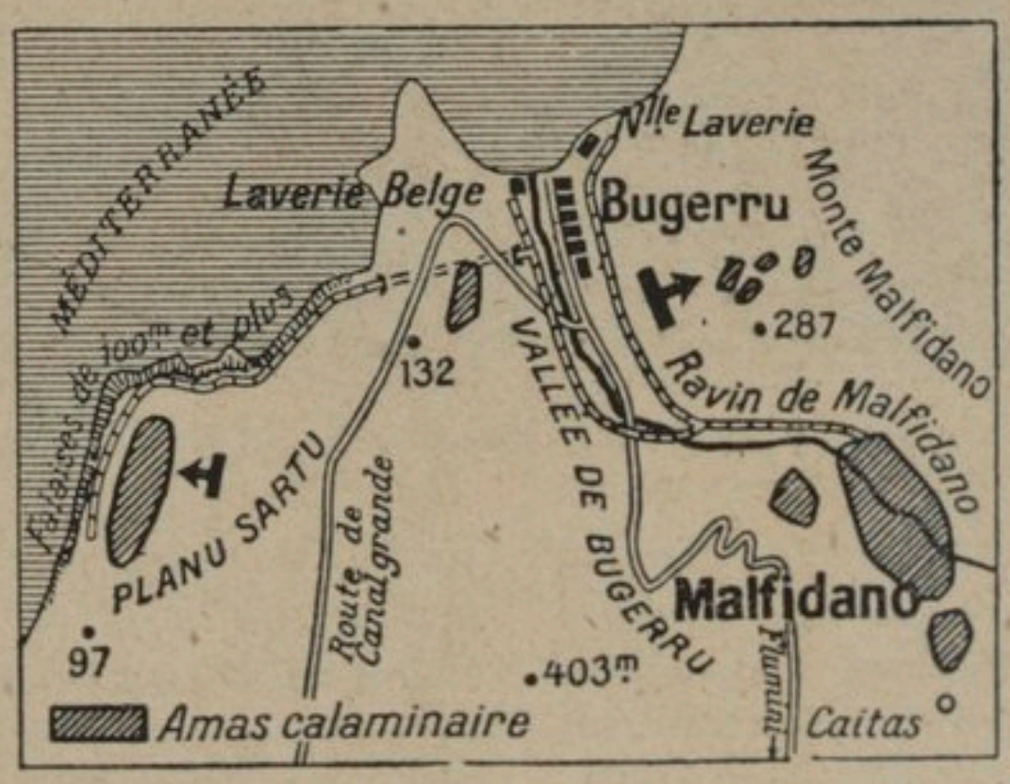
Les minerais calaminaires se trouvant généralement à la surface du sol, ont été pendant longtemps exclusivement employés ; le traitement des carbonates est plus facile que celui des blendes, souvent mélangées d'une forte proportion de plomb qui nuit à la fabrication du blanc de zinc.

Un trait caractéristique des minerais de zinc est la nécessité où l'on se trouve de les transporter, la plupart du temps, à grande distance à cause de l'éloignement des usines de traitement.

Ces minerais de zinc se présentent en général non pas en filons continus, mais sous la forme d'amas isolés. L'exploitant a donc devant lui un tonnage souvent restreint et les recherches de ces amas ont lieu au hasard, car ils sont souvent assez éloignés les uns des autres dans un même district minier.



RÉGION MINIÈRE DE LA SARDAIGNE



CARTE DÉTAILLÉE DES EXPLOITATIONS SARDES DE MALFIDANO

Les calamines étant des minerais superficiels localisés dans des gisements limités, sont presque totalement épuisées en Europe à l'heure actuelle. Cependant on a rouvert des mines abandonnées à cause de la demande active de zinc. Les silicates s'expédiaient crus, tandis que l'on calcinait les carbonates sur le carreau de la mine, afin de diminuer leur poids de 25 à 30 % en vue du transport, et d'éviter le dégagement d'acide carbonique qui refroidissait les appareils au moment de la distillation.

La blende a l'inconvénient d'exiger un grillage préalable très complet, destiné à faire passer tout le zinc qu'elle renferme à l'état d'oxyde. Le soufre qui se dégage pendant l'opération sert pour la fabrication de l'acide sulfurique. Les blendes grillées ne contiennent plus qu'un pour cent de soufre au maximum et les mines les expédient crues parce que l'économie réalisée sur le poids du soufre, qui est de 16 %, ne compenserait pas le prix du combustible exigé par le grillage dont on fait une consommation d'environ 25 %.

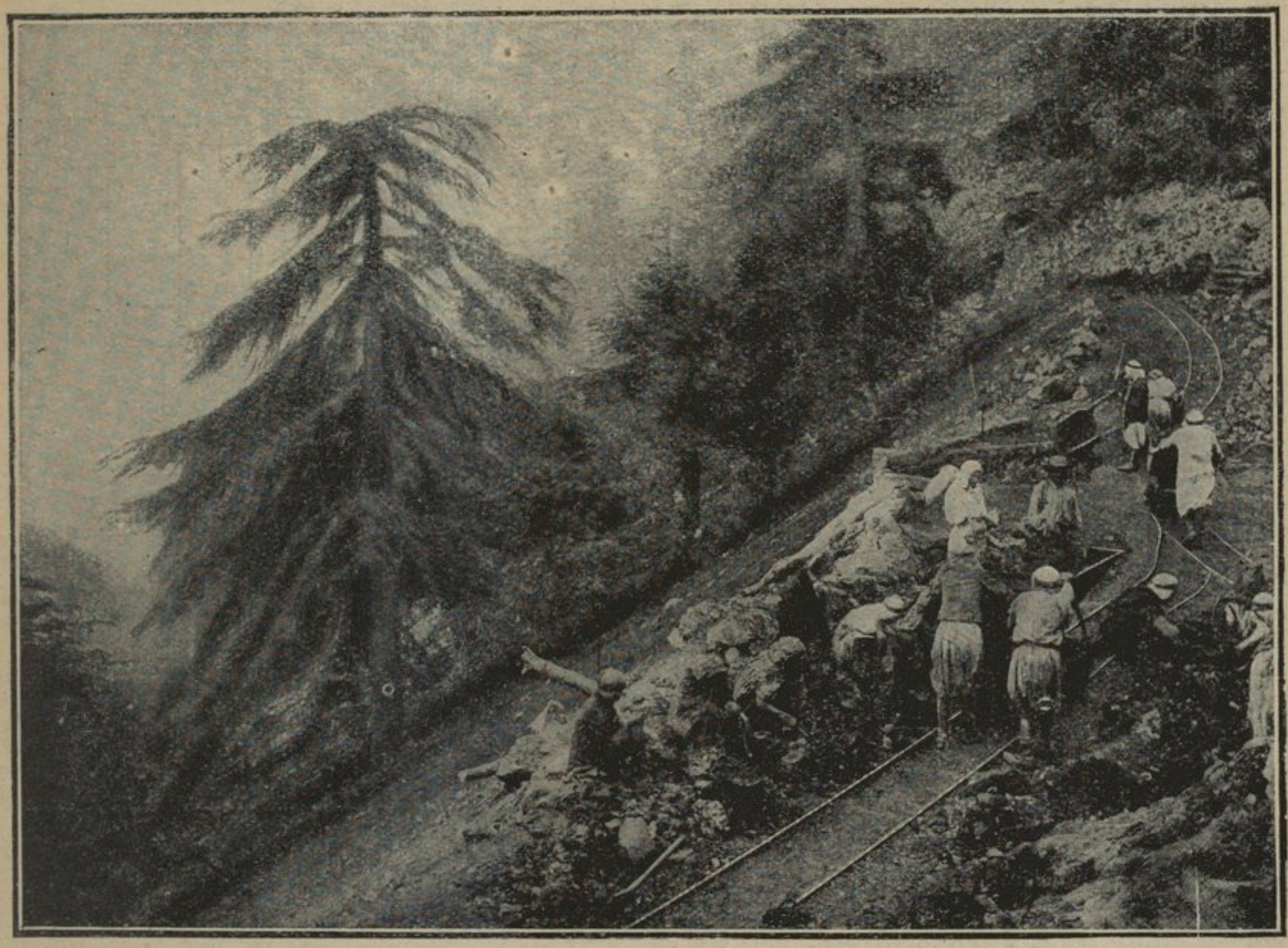
En général, les sulfures de zinc sont mélangés dans la nature à ceux de plomb, de fer et de cuivre, circonstance qui crée des difficultés sérieuses aux métallurgistes. La plupart des perfectionnements recherchés ou obtenus dans cet

ordre d'idées, ont pour but de traiter économiquement les minerais complexes, tels que les cuivres gris, pour en retirer à l'état pur tous les métaux qu'ils contiennent.

La guerre a augmenté considérablement le prix de tous les métaux, mais le zinc est celui qui a subi la hausse la plus accentuée. En 1913, la production mondiale de zinc métallique atteignait presque un million de tonnes dont un tiers provenait des Etats-Unis et le reste des gisements et usines d'Europe. L'Allemagne produisait 280.000 tonnes et la Belgique 200.000 tonnes, alors que la production française ne s'élevait qu'à 70.000 tonnes et celle de l'Angleterre, à environ 60.000. La métallurgie américaine a fourni 355.000 tonnes en 1914, 490.000 en 1915, puis 700.000 en 1916 et la production des divers États de l'Union tend à augmenter.

Au moment où la guerre a éclaté, le zinc métallique se vendait environ 543 francs la tonne. Son prix monta ensuite, par bonds successifs, jusqu'à près de 2.900 francs. On a enregistré depuis cette époque des hausses et des baisses alternées, mais la moyenne du cours s'établit aux environs de 2.000 francs contre moins de 600 francs en 1914.

Les pays alliés, qui sont de gros consommateurs de zinc, ont dû remplacer les fournitures importantes qui leur étaient faites par les empires centraux. L'Australie, avec son célèbre gisement de Broken-Hill, la Tasmanie, la Nouvelle-Zélande, le Canada, l'Inde, l'Egypte et l'Afrique du Sud, contribuent aujourd'hu à alimenter les fonderies de zinc anglaises du Pays de Galles.



VUE PHOTOGRAPHIQUE PRISE AUX MINES DE L'OUARSENIS (ALGÉRIE)

Indigènes poussant des wagonnets chargés de minerai de zinc sur une petite voie ferrée Decauville.

Les mines de la France continentale ne sont plus très productives, mais l'aide de nos colonies, surtout de l'Algérie, de la Tunisie et du Tonkin, avait relevé notre production à près de 200.000 tonnes de minerais, en 1912. D'autre part, d'importantes sociétés françaises exploitent les mines de la Sardaigne, de la Grèce et de l'Espagne.

En Grèce se trouvent les célèbres gîtes du Laurium, où le zinc est mélangé â du plomb connu depuis la plus haute antiquité.

Les mines encore exploitées en France sont celle des Malines, près de Ganges (Gard), et celles des Pyrénées. En Algérie, citons les

gisements de Sakamody, d'Ouarsenis, de Guergour, d'Ain Arko ; les principales exploitations tunisiennes sont celles de Kanguet, de Djebel Ressas, etc.

Les Allemands, dont les principaux gisements zincifères sont situés en Silésie et dans la province du Rhin, exploitent les mines de Carinthie et de Styrie, en Autriche-Hongrie, celles de la Belgique aujourd'hui à peu près épuisées, ainsi que celles de Bulgarie. L'Allemagne ne manque pas de zinc, grâce à ses mines ; aussi a-t-elle pu parer ainsi partiellement à sa disette de cuivre, surtout pour toutes les applications électriques.

Le Japon commence à prendre rang parmi les producteurs de zinc et la Russie possède en Sibérie de très grands dépôts de blende situés sur le parcours du chemin de fer transsibérien, notamment près de Semipalatinsk.

Les Etats-Unis, aujourd'hui nos alliés, dominent le marché du zinc avec une production de 700.000 tonnes provenant surtout du Missouri, qui renferme les fameux amas de Joplin, du Kansas, de l'Oklahoma, et enfin du Montana, où se trouve le district de Butte, qui est un des centres miniers et métallurgiques les plus importants des Etats-Unis.

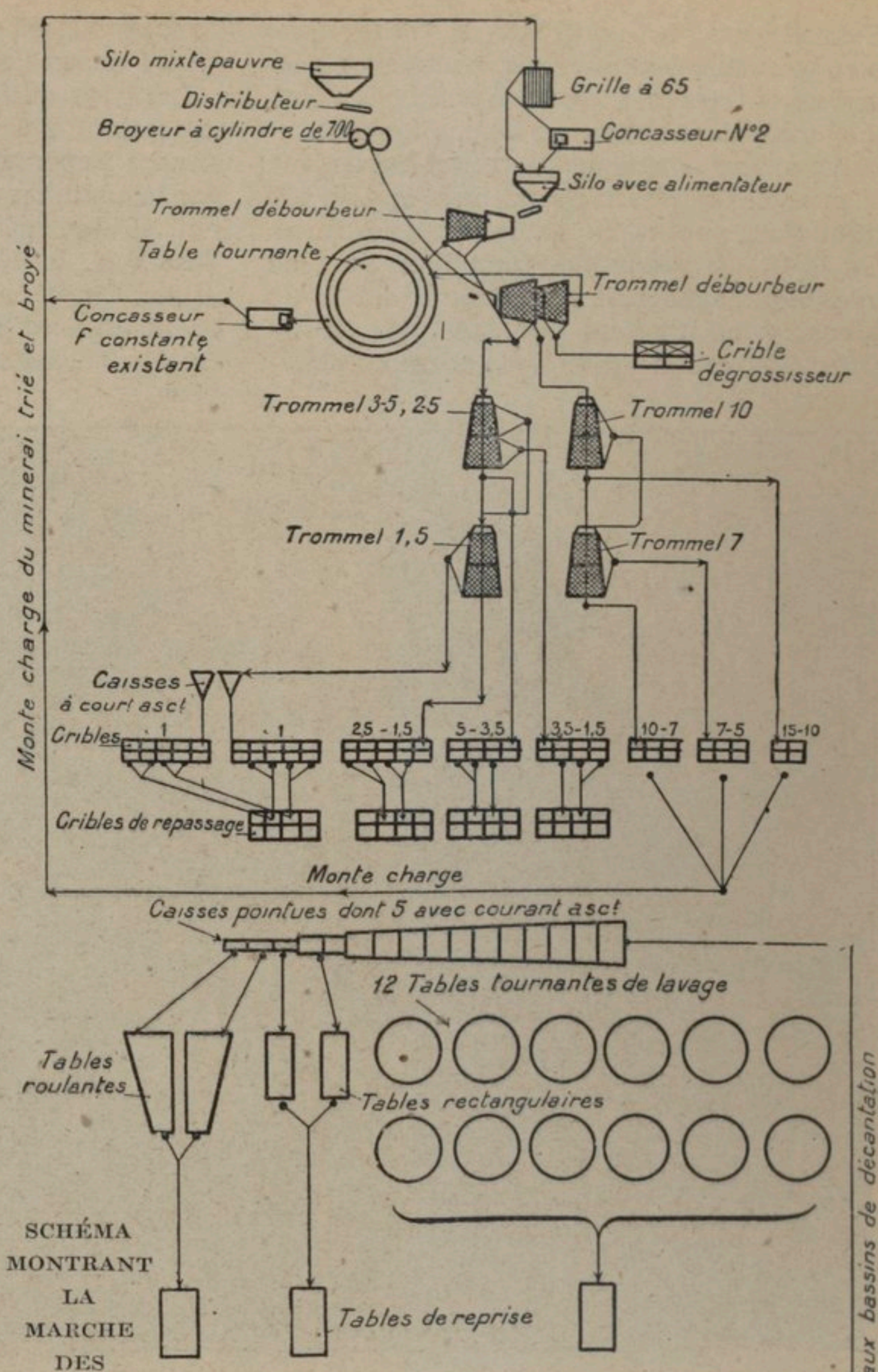


SCHÉMA MONTRANT LA MARCHE DES MINERAIS DANS UNE LAVERIE DALBOUZE ET BRACHET SERVANT A LA PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS DE ZINC

Les courtiers en minerais de zinc vendent des blendes et des calamines et surtout des mattes grillées dénommées « spelters » dont le prix, sujet à de grandes fluctuations, a passé de 707 francs la tonne en janvier 1915, à 3.030 francs en juin de la même année pour retomber à 1.389 en novembre ; une nouvelle hausse a ensuite porté le cours au-dessus de 2.500 francs par bons successifs.

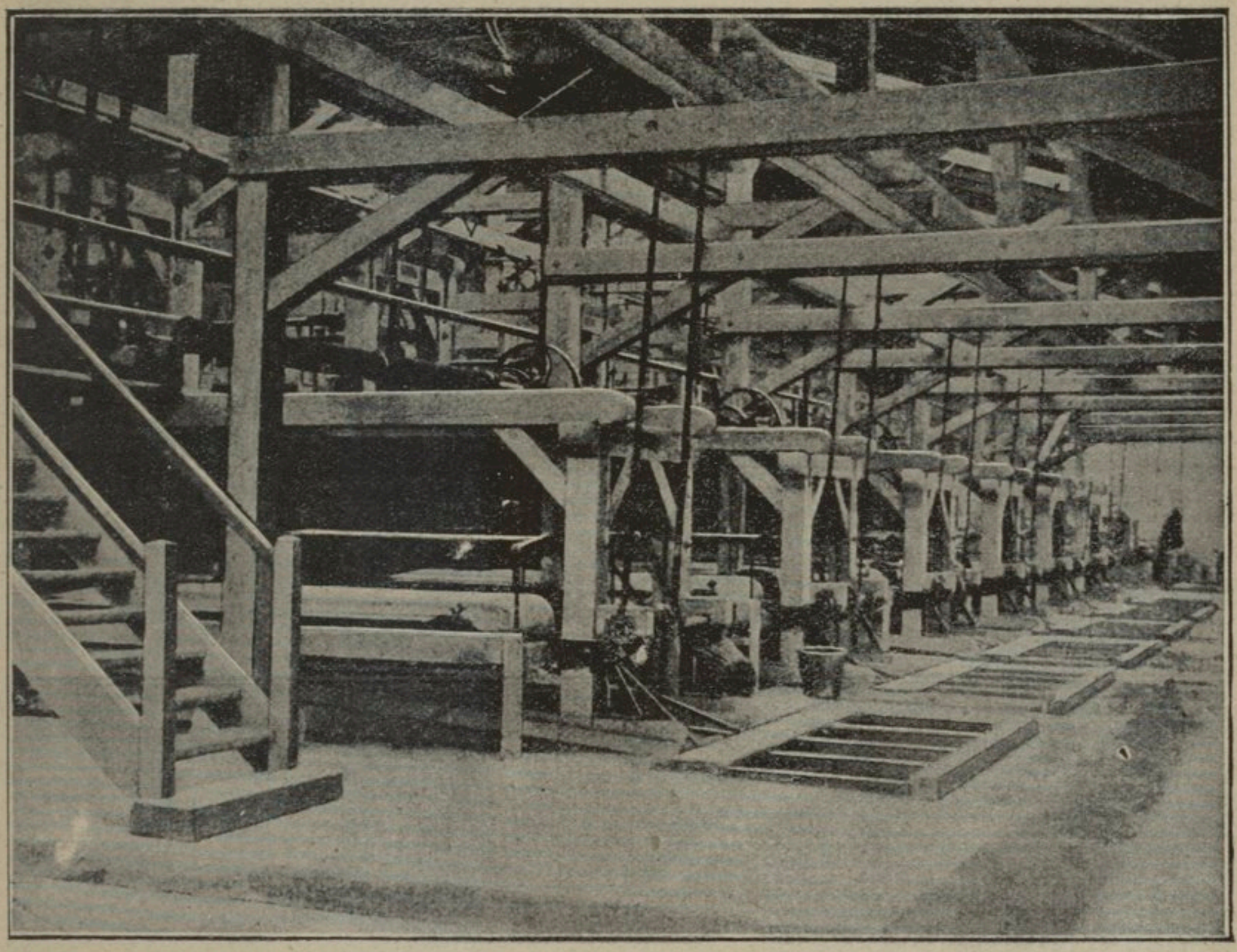
Avant la guerre, l'Association des raffineurs de zinc fixait les prix du spelter proportionnellement à l'importance de la production et des stocks de métal existant en entrepôt. Aujourd'hui, ces accords, qui engageaient les producteurs allemands et autrichiens, sont devenus sans effet.

Pour extraire le zinc métallique de ses minerais, on transforme ceux-ci en oxydes par calcination (calamines) ou par grillage (blendes), puis on réduit l'oxyde par le charbon. Cette réduction commence à une température supérieure au point d'ébullition du métal, de sorte que le zinc est recueilli sous forme de vapeurs qu'il faut condenser, ce qui constitue la plus grosse difficulté de cette métallurgie très délicate.

La transformation de l'oxyde en vapeurs a toujours lieu dans des récipents fermés de petites dimensions — moufles ou cornues.

On procède enfin au raffinage du zinc brut pour obtenir un produit susceptible d'être laminé et d'entrer dans la préparation d'alliages à compositions rigoureusement définies tels que les laitons de cartouches.

Les blendes et les calamines, extraites des filons qui les contiennent, doivent subir avant d'être grillées ou calcinées dans des fours, une série de classements par grosseur et



INSTALLATION DE TABLES A SECOUSSES DANS UN ATELIER DE PRÉPARATION MÉCANIQUE.

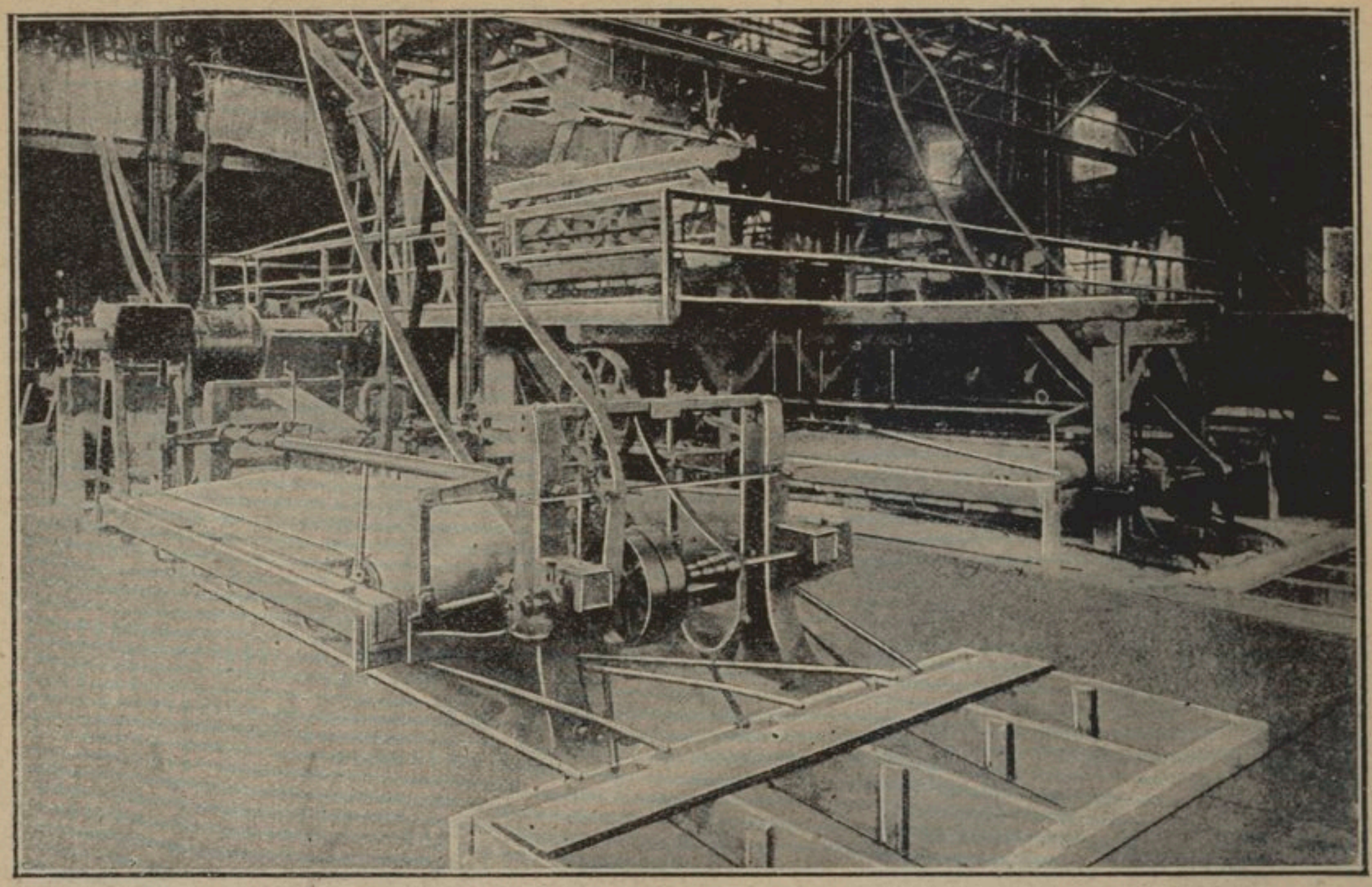
Cette laverie est destinée au traitement des minerais de zinc extraits d'une exploitation algérienne.

par densité destinés à enrichir notablement leur teneur primitive en zinc métallique.

Ce traitement, dénommé *préparation mécanique* des minerais, s'opère dans des laveries comportant une succession de grilles planes ou cylindriques, de tambours perforés animés d'un mouvement de rotation continu, de tables rectangulaires ou circulaires légèrement coniques animées de mouvements oscillatoires. Pendant leur passage dans la laverie, les minerais sont également concassés, soit à la main, soit dans des broyeurs spéciaux, puis immergés dans des cribles à courant d'eau dont le contenu liquide reçoit d'un piston oscillant une série de secousses souvent assez brusques alternativement dirigées dans des sens différents.

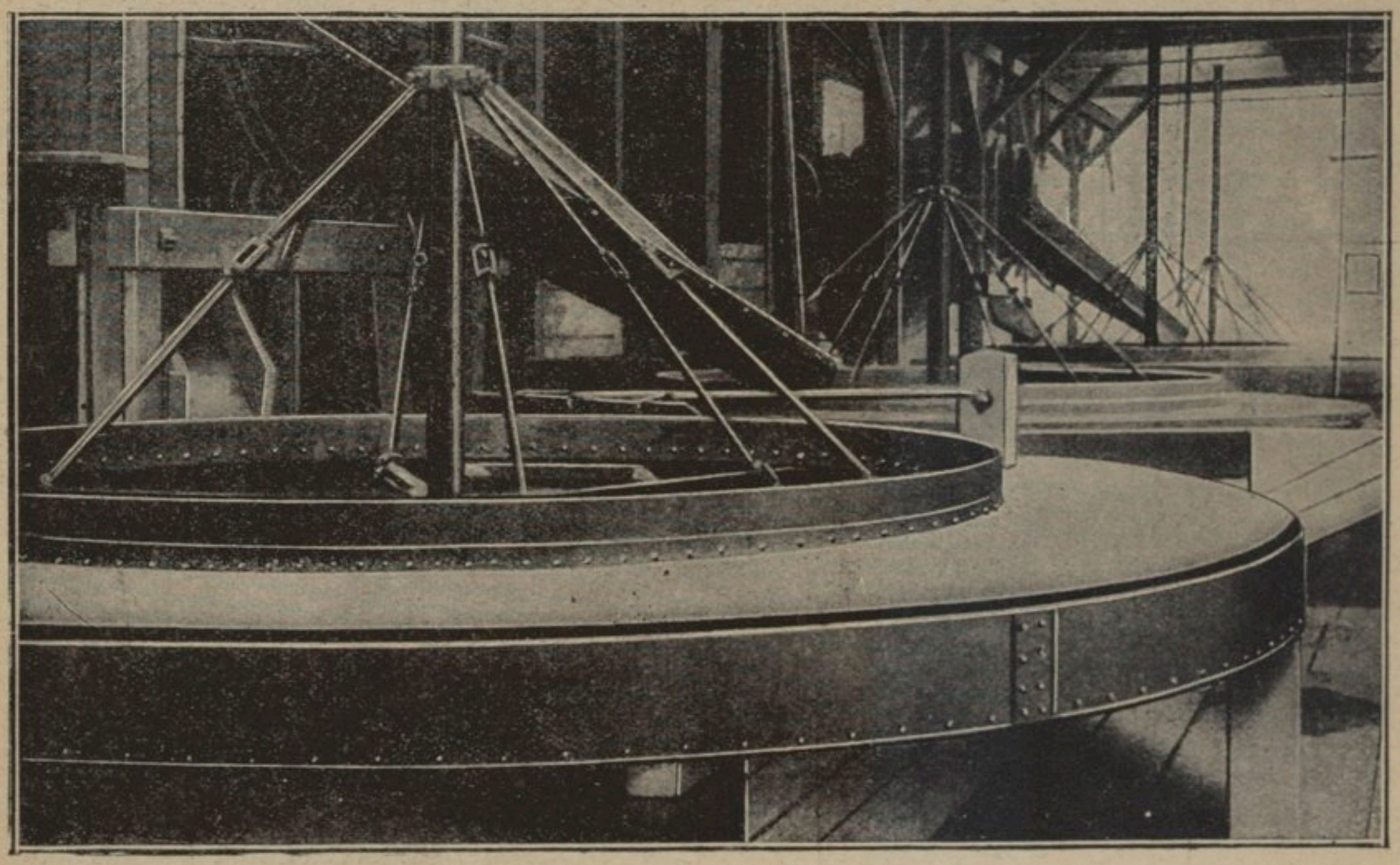
Rien ne doit être perdu dans une laverie, car tous les petits fragments et même les poussières ou *schlamms*, résultant des broyages, sont enrichis dans des caisses à secousses ou sur des tables rondes pour être ensuite réunis aux produits riches provenant des autres appareils. Les ateliers de préparation mécanique des minerais de zinc sont généralement divisés en deux sections dont l'une sert au traitement des minerais blendeux et l'autre à l'enrichissement des calamines.

Les puissantes usines installées, sous le contrôle du gouvernement anglais, par l'Association des Producteurs de zinc australiens pour le traitement des minerais de Broken-Hill, dans la Nouvelle-Galles du Sud, renferment des appareils de concentration perfectionnés, système Elmore. Cette méthode consiste à mettre en suspension dans l'eau les minerais finement broyés et à ajouter de l'huile dans le liquide. Le minerai est seul entraîné, tandis que les stériles restent



LAVERIE DES BOUES DE LA MINE DE VELBERT (PROVINCE RHÉNANE)

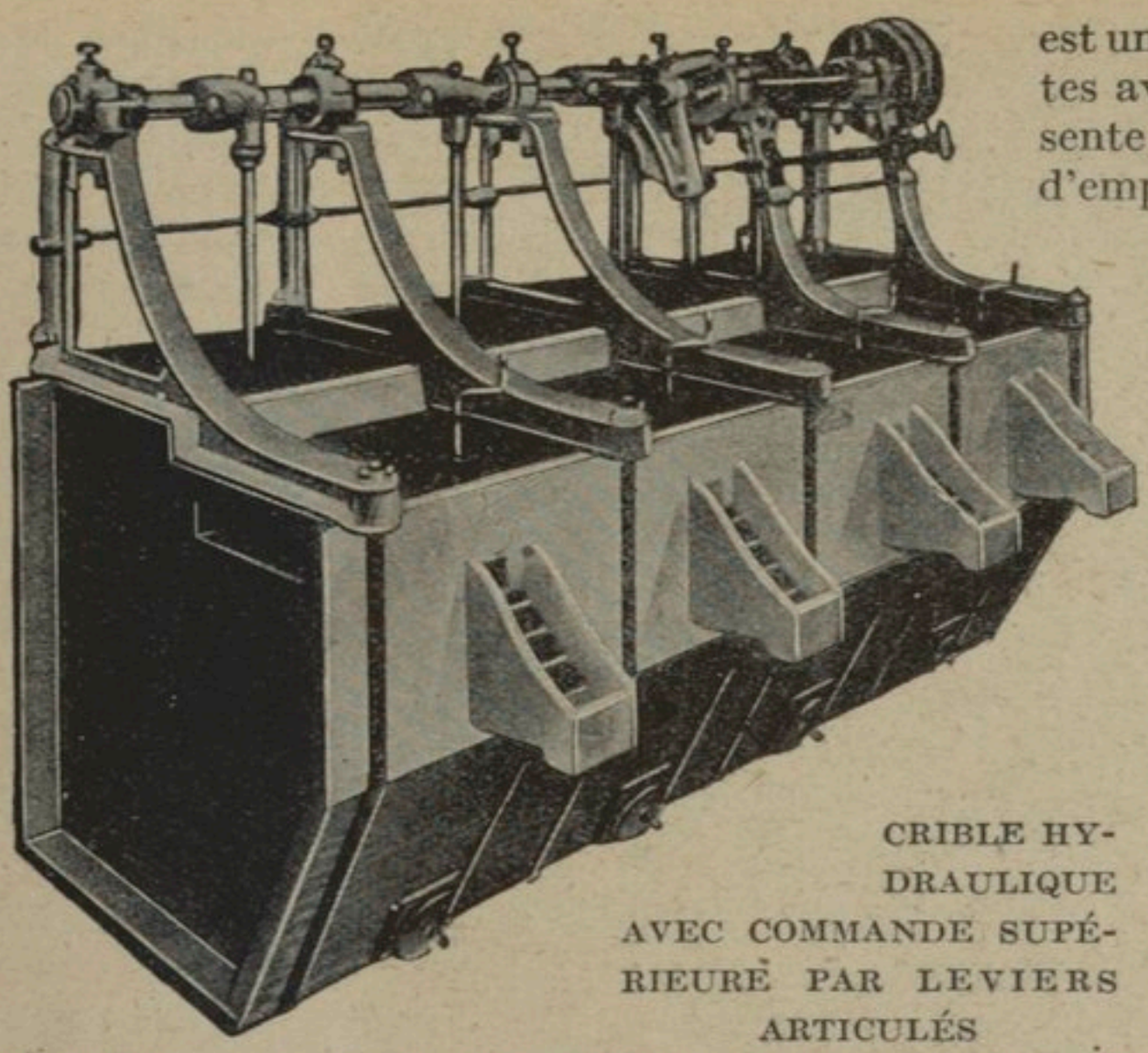
On voit au premier plan une table double à secousses avec toile sans fin, accompagnée d'un malaxeur à « schlamms » (boues). Cet appareil sert à séparer la blende (minerai de zinc) de la galène (minerai de plomb), afin de rendre possibles les opérations métallurgiques ultérieures.



ATELIER DE TABLES TOURNANTES DANS UNE LAVERIE DE BLENDES

Comme les appareils figurant sur la première photographie de cette page, les tables dites de « klaubage » (triage) servent à séparer les minerais de zinc (blendes) des minerais de plomb (galènes) auxquels ils sont mélangés dans un grand nombre de gisements français et étrangers.

au fond des bacs. Parmi les appareils à grande production, employés dans les laveries modernes, on peut citer les tables Dallemagne, caractérisées par leur nombre élevé de vibrations semi-circulaires qui peut exiger une vitesse de 600 à 1.800 tours par minute. Le minerai se classe ainsi dans les rainures de la table avec autant de précision que dans des cribles à filtration.

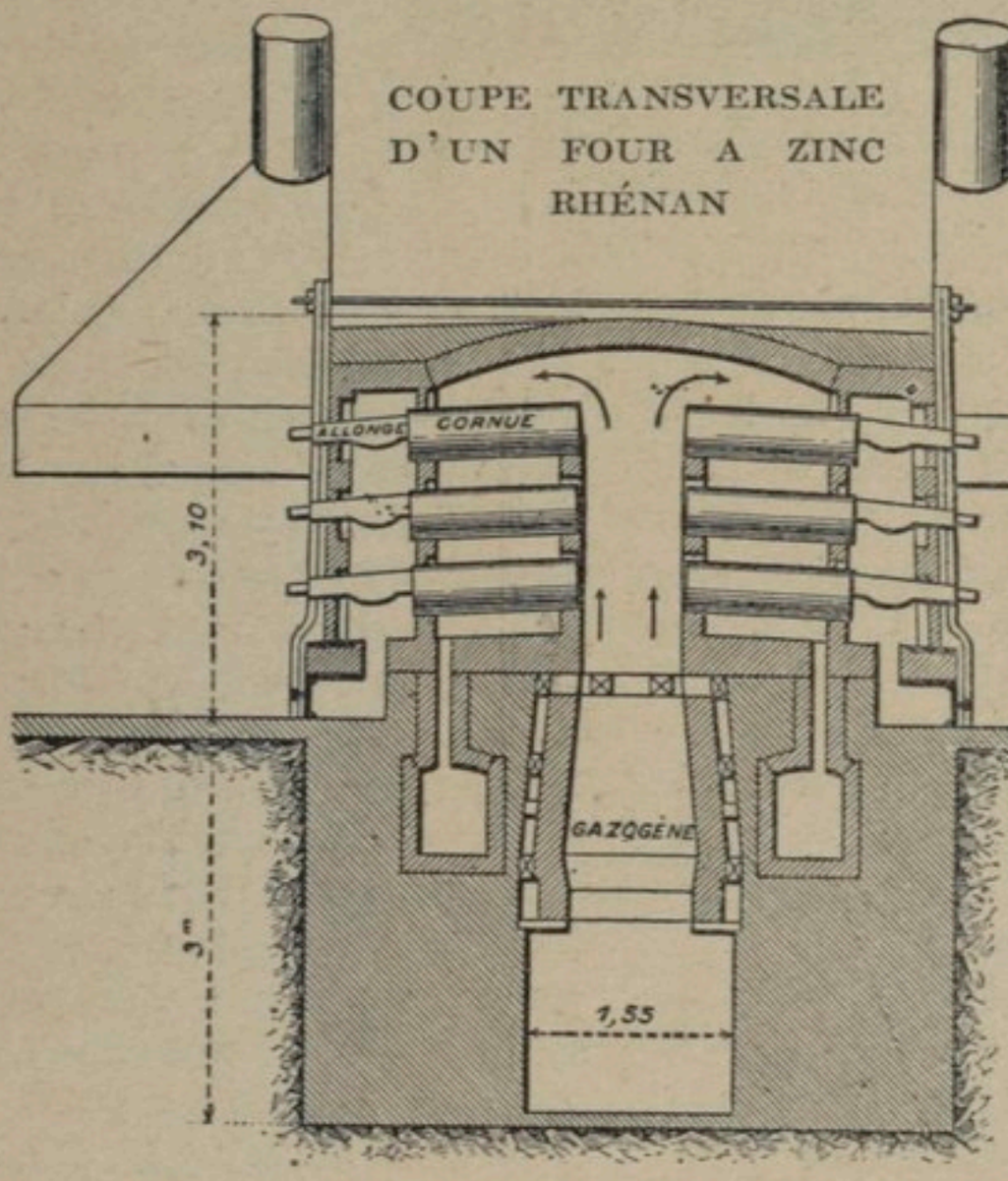


CRIBLE HYDRAULIQUE AVEC COMMANDE SUPÉRIEURE PAR LEVIERS ARTICULÉS

Daus les cribles, on sépare les minerais de zinc, en grenailles ou grains menus, des minerais de plomb.

La calcination de la calamine se réalise assez facilement en faisant passer le minerai en morceaux dans des cuves analogues aux fours à chaux, mais le grillage de la blende présente au contraire de très grandes difficultés.

La blende grillée en morceaux conserve une teneur en soufre très élevée qui varie de 8 à 9 %. On a été ainsi conduit à traiter le minerai pulvérisé dans des fours à moufles chauffés par des gazogènes et l'on donne un coup de feu à la fin pour décompose le sulfate de zinc produit au cours de cette opération.



COUPE TRANSVERSALE D'UN FOUR A ZINC RHÉNAN

On voit les doubles rangées de trois cornues superposées placées à droite et à gauche de l'axe longitudinal du four.

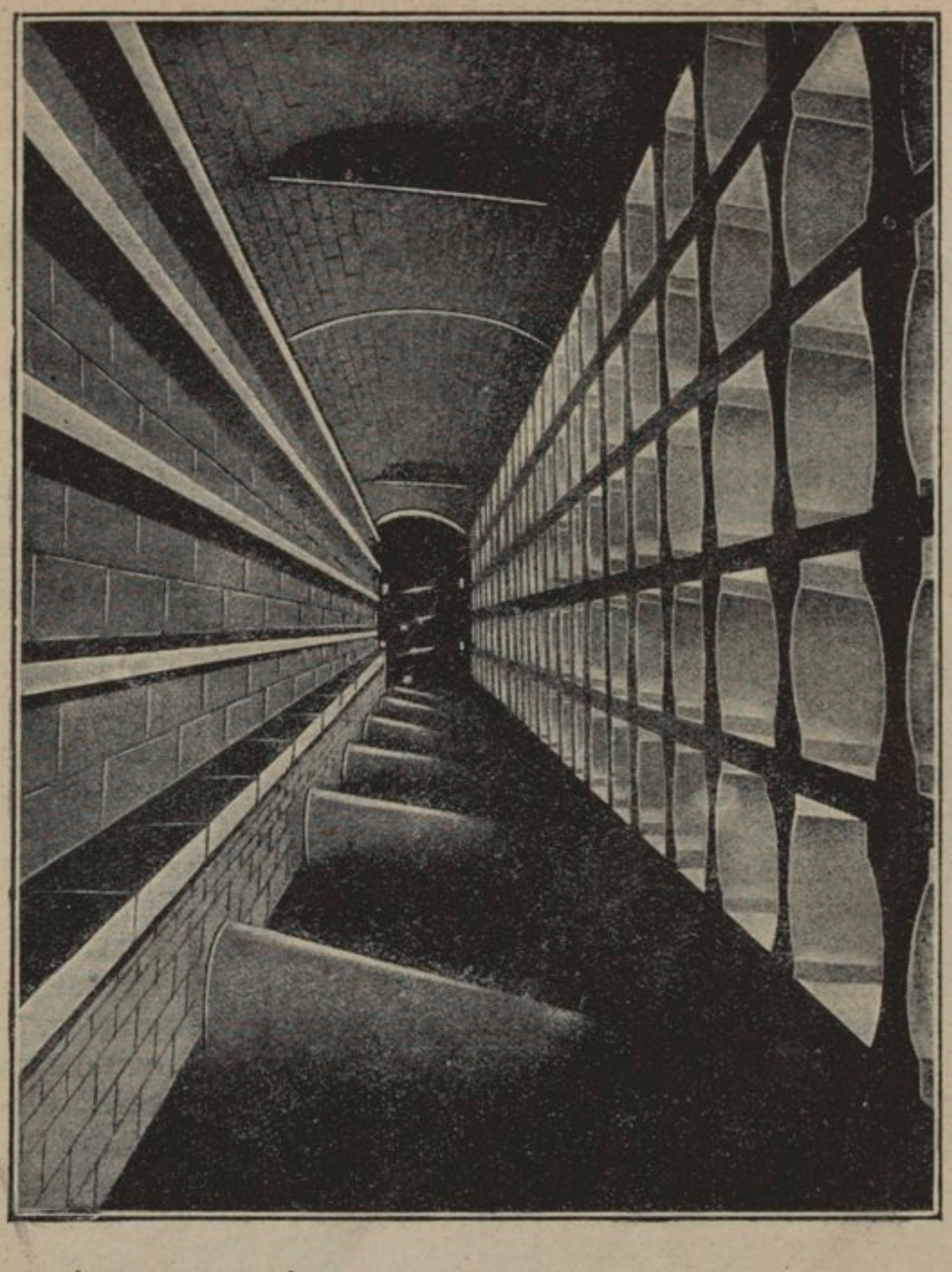
La plupart des usines européennes grillent la blende dans des fours spéciaux à soles ou à moufles superposés, genre Hasenclever. Le four moderne de M. Delplace, de Namur, est un appareil à tablettes avec foyer ; il présente le triple avantage d'employer des gaz qui ne viennent pas en contact avec le minerai, d'être à récupération de chaleur, et enfin, de pouvoir employer des combustibles menus.

En Amérique, on emploie beaucoup les fours de grillage à pelletage et à rablage mécaniques, ainsi que les fours rotatifs de l'ingénieur Bruckner.

La réduction des oxydes pour l'obtention du zinc métallique s'opère, comme nous l'avons dit, soit dans des moufles, comme en Silésie, soit dans les creusets à section circulaire ou elliptique, qui caractérisent les appareils belges et rhénans.

Chaque creuset ou moufle se termine par un appareil de condensation qui affecte la forme d'une botte dans les fours silésiens et rhénans, et celle d'un tube conique dans le procédé belge. Enfin, un étouffoir en tôle, placé à l'extrémité de chaque condenseur, recueille les produits que celui-ci ne peut pas bien retenir.

La métallurgie du zinc présente un caractère tout particulier, qui est la recherche de l'infusibilité complète des scories, à l'inverse de ce qui se passe dans la plupart des fours métallurgiques.



INTÉRIEUR DE L'UN DES FOURS A ZINC DE LA GRANDE USINE AMÉRICAINE D'IOLA (KANSAS)

Il existe en France six grandes usines de production du zinc, dont la plus grande est celle de la Compagnie Asturienne, à Auby (Nord), qui produit 25.000 tonnes de zinc brut par an. Les autres sont celles de la Société de la Vieille Montagne, à Viviez, dans l'Aveyron (20.000 tonnes), de la Compagnie métallurgique franco-belge, à Mortagne-du-Nord (20.000 tonnes), de la Société de Malfidano, à Noyelles-Godault, dans le Pas-de-Calais (12.000 tonnes), et enfin celles, plus spéciales de MM. Bloch et Cie, à Saint-Amand (Nord) et de Creil (Oise).

Il existe des laminoirs à zinc très importants à Hautmont (Nord), à Penchot (Aveyron), à Bray (Seine-et-Oise), à Dangu (Eure), à Auby (Nord) et à Paris-Grenelle.

Au point de vue du mode de construction, on distingue trois systèmes de fours à zinc, à savoir, les fours silésiens, belges-liégeois, et rhénans. Les premiers renferment de une à trois rangées de moufles ou de creusets elliptiques avec condenseurs prismatiques. Les fours belges-liégeois comportent de quatre à sept rangs de creusets ronds ou elliptiques, terminés par des tubes coniques servant de condenseurs. Enfin, les appareils rhénans se distinguent des derniers par leurs condenseurs en forme de bottes et par la réduction du nombre de rangées de creusets qui varie généralement de trois à quatre.

Les fours sont aussi très différents les uns des autres, quant au mode de réalisation du chauffage des appareils de réduction. Les uns sont chauffés par des grilles avec renversement de flamme (type Auby) ou sans renversement de flamme (type Bleyberg). Les fours à gazogène avec inversion ont leurs brûleurs placés soit sous les creusets (type Overpelt) soit entre les creusets ou encore à la partie supérieure du four (Mortagne). Les fours à gazogène sans inversion sont à récupération, comme à Corphalie (Belgique), ou avec récupération par chauffage de l'air, notamment dans les systèmes d'Auby et de Stolberg.

Aux Etats-Unis, on emploie comme combustible, soit le charbon, soit les gaz naturels qui s'échappent du sol, notamment en Pennsylvanie (région de Pittsburg) et dans l'Etat du Kansas.

A Auby, les fours belges doubles renferment cinq rangées de 40 cornues de 30 litres de capacité. Les fours rhénans, à double façade, de Noyelle-Godault et de Mortagne-du-Nord contenaient chacun 240 creusets de 60 litres, disposés en trois rangées.

L'usine américaine de Iola (Kansas), de la United Zinc and Chemical Co et celle de la Harpe (Kansas), appartenant à la Learryon Zinc Co, travaillent avec plusieurs groupes de huit fours comportant 288 cornues chacun. Ces établissements, qui possèdent respectivement 9.216 et 9.600 cornues, peuvent produire de 90 à 100 tonnes de zinc métallique par jour. La température dans les fours est voisine de 1.500° C. On introduit dans les creusets (en France) un mélange de 20 % à 30 % de calamine et 80 % à 70 % de blende grillée par les procédés indiqués plus haut.

La fabrication des creusets a lieu dans les usines même et la bonne marche des ateliers qui sont chargés de cette tâche importante est un des principaux éléments de succès

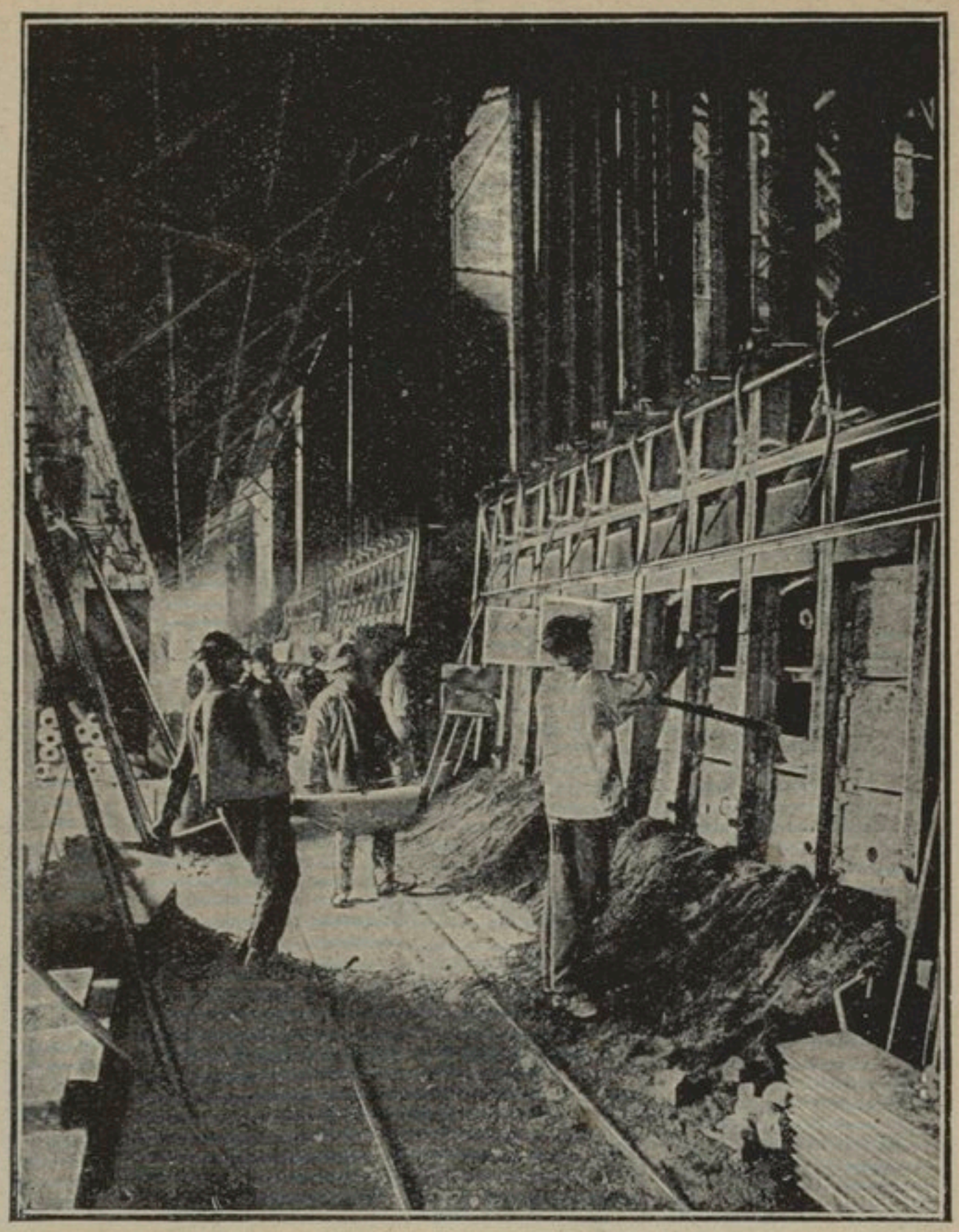
lans l'industrie du zinc. En rance, les creusets sont faits l'une pâte composée comme suit: terre d'Andenne 30 %, sable quartzeux 30 %, silex 20 % et débris de vieux creusets 20 %.

Il existe des presses spéciales, à fonctionnement hydraulique, permettant d'obtenir mécaniquement les creusets qui, étant exposés à des températures élevées, ont une durée très courte. Dans certaines usines, la consommation de creusets et de condenseurs représente une dépense de 7 à 8 francs par quintal de zinc métallique produit.

La conduite des fours est très délicate et exige un personnel spécialement exercé que l'on se procure difficilement aujourd'hui.

Le zinc brut sortant des cornues doit être affiné par divers procédés assez délicats, tels que la distillation, l'électrolyse ou la filtration des vapeurs.

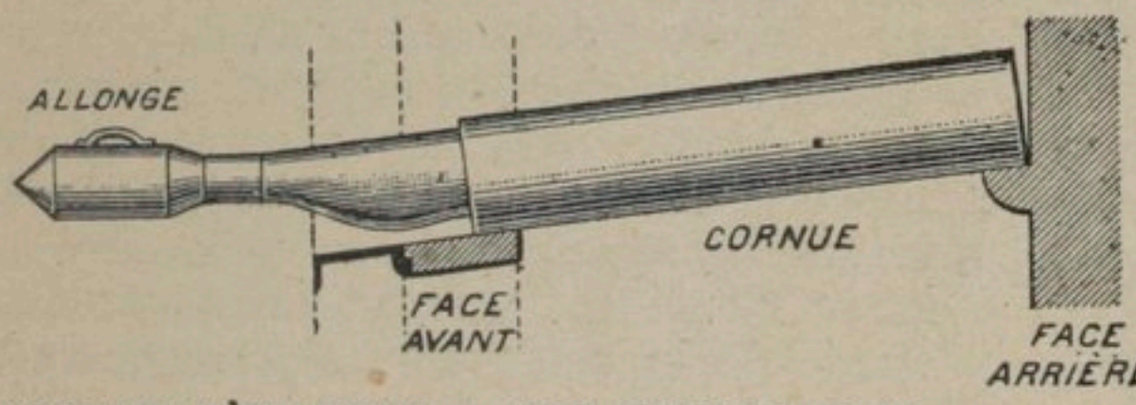
On obtient ainsi du zinc plus pur que par l'ancien procédé de la liquation qui consiste à refondre le zinc brut dans un four à réverbère, afin d'en séparer le cuivre, le fer et le plomb contenus dans le métal de premier jet. Il est difficile d'éliminer ainsi complètement le plomb existant dans le zinc brut et cette fusion en laisse subsister une proportion notable, qui varie de 1 à 1,25 %.



HALL DES FOURS DANS UNE USINE A ZINC DE LA SOCIÉTÉ DE LA VIEILLE MONTAGNE

Cette usine, située à Valentin-Cocq, était certainement, avant la guerre, l'une des plus importantes de la Belgique.

Les procédés d'électrolyse employés industriellement sont ceux de Hopfner, utilisés par la Brunner Mond C° et de Nahnsen qui fonctionnent en Silésie, dans les grandes usines de Lipine. La première méthode consiste



CORNUE D'UN FOUR A ZINC BELGE MUNIE DE SON ALLONGE

à faire passer un courant électrique dans une solution de chlorure de zinc. Les anodes sont en charbon et les cathodes tournent, ce qui permet d'obtenir un dépôt compact contenant 99,77 % de zinc extra pur, exempt d'arsenic. On obtient 3.000 kilos de chlorure de chaux par tonne de zinc produit.

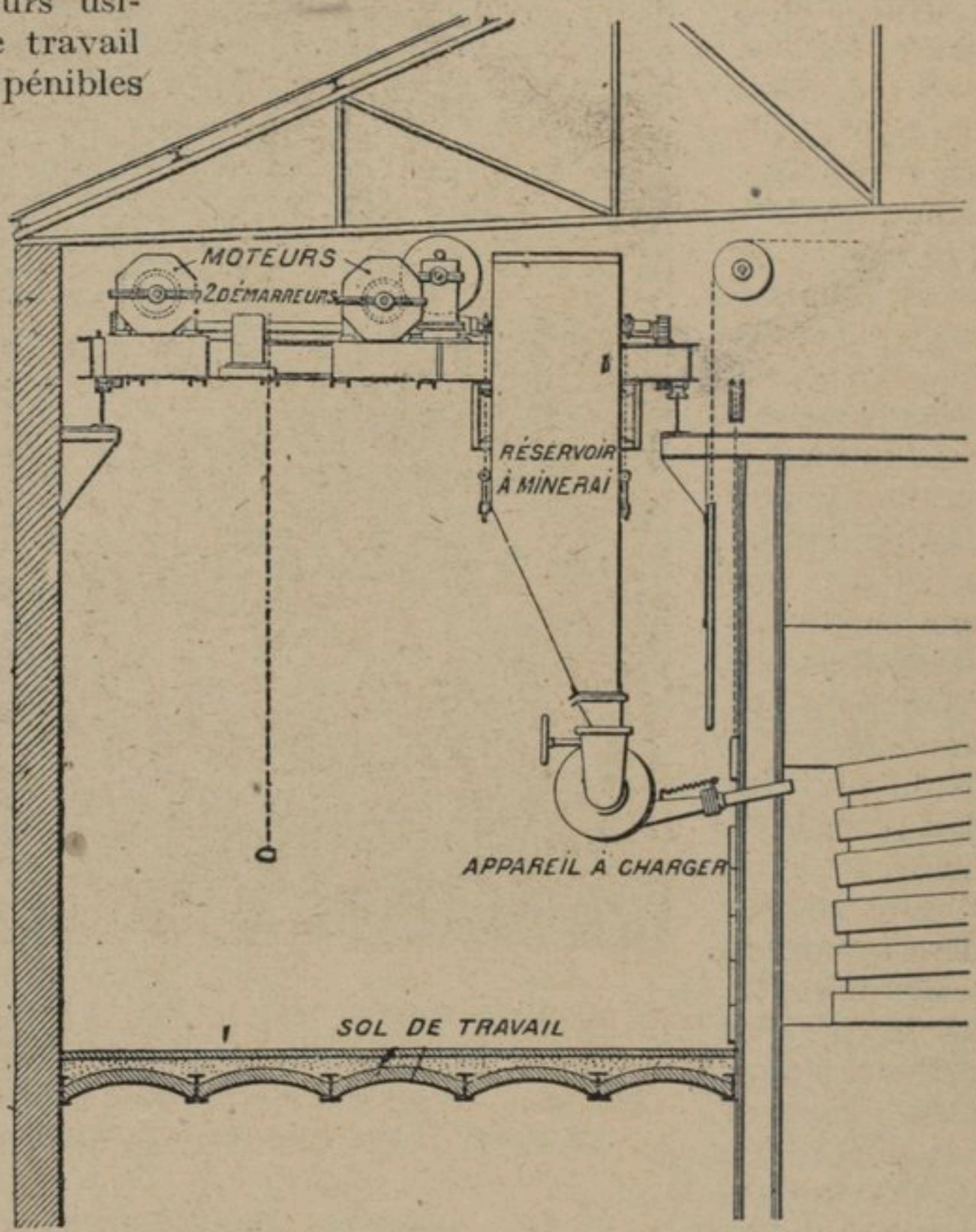
Dans le procédé Nahnsen, l'électrolyte est une solution de sulfate de zinc et de sulfate de potassium que l'on chauffe à 60° et à laquelle on ajoute une certaine proportion de poudre de zinc qui sert à précipiter les impuretés. Cette industrie n'est pas encore arrivée à un état de perfection qui permette de la ranger parmi les modes courants de fabrication du zinc métallique pur.

Le procédé Hopkins consiste à filtrer les vapeurs qui se produisent dans les creusets des fours à zinc avant qu'elles pénètrent dans le condenseur.

Le chargement des fours à zinc est une opération qui exige beaucoup de main-d'œuvre et l'on a cherché à l'effectuer mécaniquement au moyen de machines à charger, dont une variété sert également à vider les fours. Les appareils de chargement les plus

employés sont ceux de Dor et de Rosdzin, ces derniers sont surtout utilisés en Silésie.

Pour conserver longtemps un personnel difficile à recruter, les particuliers et les sociétés qui s'occupent de la métallurgie du zinc ont amélioré autant que possible les conditions d'hygiène et de sécurité des ouvriers dans leurs usines. Autrefois, le travail y était des plus pénibles et la mortalité était très élevée parmi le personnel de ces fonderies.



MACHINE DOR POUR LE CHARGEMENT MÉCANIQUE DES CORNUES DES FOURS A DISTILLER LE ZINC

Les maladies dont souffrent spécialement les travailleurs occupés dans ces usines sont surtout celles de l'appareil respiratoire, occasionnées par les poussières et par les vapeurs métalliques s'échappant des anciens fours. Plus rarement, des rhumatismes et des maladies de l'estomac ou de l'intestin ainsi que des accidents saturnins dus à la présence fréquente du plomb, en quantités variables, dans les minerais de zinc.

On remédie à ces mauvaises conditions sanitaires en installant les fours dans des halls larges, hauts, bien aérés, dont le sol et les murs présentent des surfaces unies. On doit arroser souvent les ateliers au moyen d'une conduite d'eau spéciale, distincte de celle d'eau potable ; sur cette dernière sont branchés des robinets facilement accessibles.

Le broyage à l'eau doit avoir lieu dans des appareils à carters parfaitement étanches, les poussières et les gaz étant refoulés au dehors par des aspirateurs puissants.

Les cendres de moufles ne sont jamais répandues sur le sol des halls mais évacuées par des canaux complètement couverts.

Le tamisage et l'empaquetage des poussières de zinc métallique ont lieu avec précaution. On ne doit pas employer d'ouvrières au travail des fours. La manutention des cendres et des poussières n'est effectuée que par des ouvriers âgés de plus de dix-huit ans. L'admission au travail des fours n'est autorisée qu'après une visite médicale satisfaisante.

Il existe dans les usines à zinc modernes des lavabos, des salles de bains, des armoires pour les vêtements, des réfectoires. Les médecins exercent un contrôle incessant sur la santé des ouvriers. Ceux-ci ne mangent pas dans les ateliers et doivent se laver les mains et le visage avant chaque repas.

L'emploi des chargeurs mécaniques tend beaucoup à améliorer les conditions hygiéniques des usines.

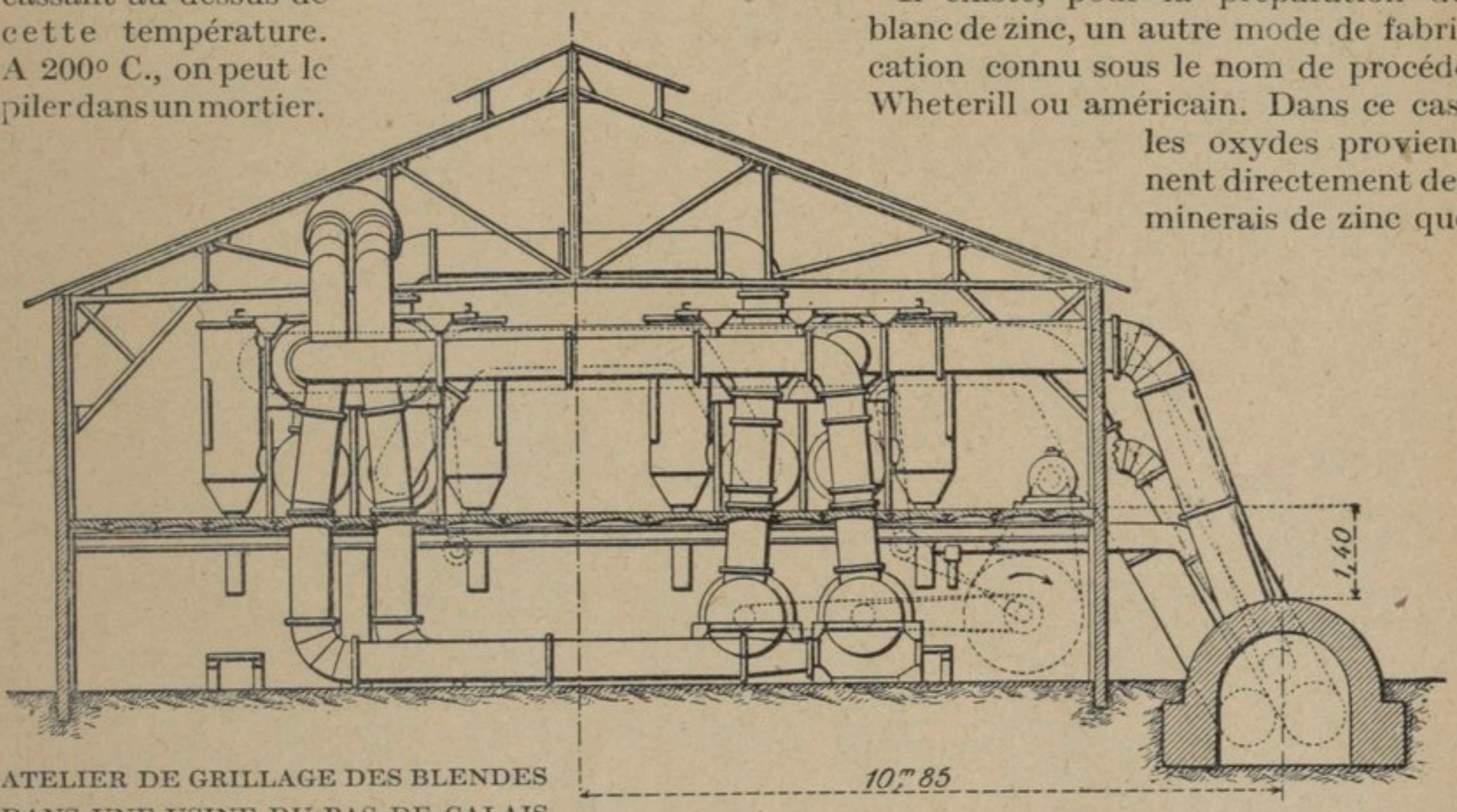
On voi combien est compliquée la métallurgie du zinc, réalisée par les méthodes que nous venons d'exposer et dont l'un des principaux inconvénients est de dépenser beaucoup de combustible, ce qui oblige les industriels à installer leurs ateliers loin des mines, dans des districts où ils peuvent se procurer du charbon à bon marché.

On a donc essayé d'appliquer au zinc le traitement électro-métallurgique qui donne des résultats excellents pour l'acier.

Le problème est ici extrêmement complexe à cause de la production des vapeurs de zinc, dont la présence constitue une difficulté que l'on ne rencontre pas en électrosidérurgie. Jusqu'à présent, le seul four électrique à zinc qui ait paru donner des résultats pratiques est celui de MM. Côte et Pierron, essayé notamment à l'usine d'Arudy, dans les Pyrénées, et dans un atelier de recherches voisin de Grenoble où a fonc-

tionné un four de 300 kilowatts. La séparation du plomb est opérée ici par le fer qui le fait précipiter à 950°, tandis qu'il n'agit utilement sur le sulfure de zinc qu'à une température plus élevée, voisine de 1.200°.

Le laminage du zinc est rendu très difficile par ce fait que sa malléabilité n'existe qu'entre des limites de température très rapprochées. Au-dessous de 120° C., le métal oppose à l'écrasement une très grande résistance, tandis qu'il devient rapidement cassant au-dessus de cette température. A 200° C., on peut le piler dans un mortier.



ATELIER DE GRILLAGE DES BLENDES DANS UNE USINE DU PAS-DE-CALAIS

Cette magnifique usine, installée à Noyelles-Godault par la Société de Malfidano, était destinée à extraire le zinc des minerais blendeux pauvres contenant également du plomb. Située en territoire envahi, elle a dû subir le sort commun à toutes les grandes entreprises industrielles du nord de la France.

Le zinc, fondu et épuré par liquation dans des fours à réverbère, est coulé en lingots ou en plaques d'épaisseur variable, suivant les dimensions des feuilles à obtenir.

Ces plaques sont d'abord dégrossies ou ébauchées entre de lourds cylindres que font tourner de puissantes machines à vapeur. Les ébauches, amenées par cisaillage à un poids déterminé, sont conduites aux trains finisseurs qui achèvent le laminage. Au sortir des cylindres de ces laminoirs finisseurs, les feuilles de zinc sont rognées au moyen de cisailles à bascule ou à guillotine, aux dimensions réclamées par le commerce. L'épaisseur des feuilles de zinc livrées à l'industrie par les importants laminoirs de la Vieille-Montagne varie de un dixième de millimètre jusqu'à 2 millimètres 680.

Pour obtenir le blanc de zinc, rival heureux de la céruse, on brûle du métal pur dans des vases hermétiquement clos, à l'abri des gaz et des fumées provenant du foyer. On obtient ainsi un produit extrêmement pur et d'une blancheur parfaite, présentant toutes les qualités d'éclat, de finesse et d'onctuosité qui le rendent supérieur à la céruse.

On vend aussi, sous le nom de *gris ardoise*, d'*oxyde gris*, ou de *poussière de zinc*, les déchets recueillis dans les allonges des fours de réduction du minerai et qui renferment diverses quantités de poudre de zinc presque impalpable à l'état métallique.

Il existe, pour la préparation du blanc de zinc, un autre mode de fabrication connu sous le nom de procédé Wheterill ou américain. Dans ce cas, les oxydes proviennent directement des minerais de zinc que l'on chauffe sur les soles de fours, après les avoir broyés et mélangés à du charbon anthraciteux. A mesure que le zinc se réduit, il est oxydé et entraîné dans des chambres avec les fumées et les poussières de la combustion. On ne peut livrer le produit au commerce qu'après l'avoir lavé, séché et broyé.

Cette méthode, beaucoup plus économique que le procédé par sublimation, fournit malheureusement des produits inférieurs.

On voit que l'industrie du zinc offre un vaste champ à l'activité des métallurgistes en France. L'abondance de nos minerais coloniaux permettra, après la guerre, la réinstallation des usines actuellement entre les mains de l'ennemi. Il est très important que nous ne soyons pas obligés d'acheter à l'étranger d'importantes quantités d'un métal qui joue un si grand rôle dans la fabrication de notre matériel de guerre.

FRÉDÉRIC DE LESTRAC.

LE RHIN ET SES PRINCIPAUX PORTS

LE COURS DU RHIN

ÉCHELLE:

0 20 40 60 80 100 Kilomètres

LE RHIN ET LE DANUBE : LES DEUX GRANDES VOIES FLUVIALES DE L'EUROPE

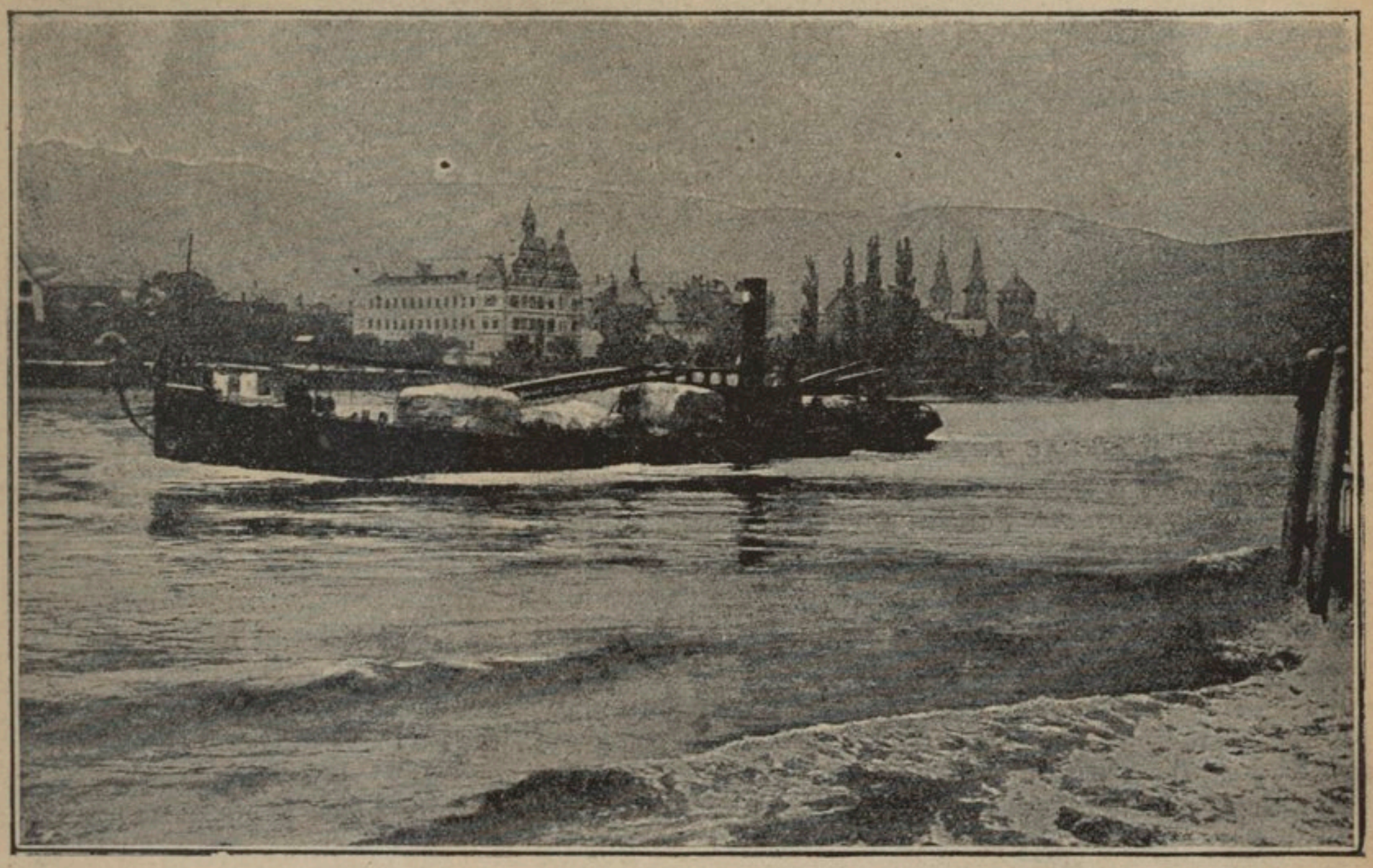
Par Charles LORDIER

Il suffit de jeter un rapide regard sur une carte d'Europe pour distinguer, du premier coup d'œil, trois fleuves qui, par leur importance, éclipsent tous les autres. L'un d'eux, la Volga, est un cours d'eau essentiellement russe, qui n'a pas d'intérêt bien particulier au point de vue mondial.

Il n'en est pas de même du Rhin et du Danube, qui sont, au contraire, essentiellement des fleuves internationaux, dont les cours constituent des artères commerciales d'une importance géographique, historique et commerciale certainement considérable.

Le cours du Rhin est perpendiculaire à l'axe général de l'Europe, tandis que le Danube, au contraire, reste parallèle à cet axe sur la majeure partie des 2.900 kilomètres qui séparent sa source de la mer Noire.

Le Rhin, issu des glaciers de l'Europe centrale, dans le massif du Saint-Gothard, descend d'environ 2.400 mètres pendant le trajet de 1.300 kilomètres qu'il accomplit pour aller se jeter dans la mer du Nord. Le fleuve n'a parcouru que 170 kilomètres quand ses eaux parviennent au vaste réservoir régulateur formé par le lac de Constance, qui n'est situé qu'à 398 mètres d'altitude. Ce grand fleuve offre ce caractère spécial que sa rive droite arrose des territoires exclusivement habités par des populations de langue allemande, alors que sa rive gauche est tour à tour suisse, allemande et hollan-



BATEAU AFFECTÉ AU TRANSPORT DES MARCHANDISES, SUR LE RHIN

Outre les navires à aubes et à hélice qui servent à remorquer les chalands, on voit circuler sur le Rhin de nombreux porteurs automoteurs analogues à ceux qui sillonnent la Seine.

daise. Une partie de cette rive fut autrefois française et probablement elle le redeviendra.

Le Danube sort de la Forêt Noire sous la forme de deux petites rivières dont les sources sont respectivement situées l'une à 682, l'autre à 1.150 mètres d'altitude et qui se réunissent à Donaueschingen dans le grand-duché de Bade. Le cours supérieur du Danube ne présente donc pas le même caractère torrentiel que celui du Rhin.

Au point de vue politique, le Danube change quatre fois de nationalité, dans son parcours, puisqu'il est tour à tour allemand jusqu'à Passau, autrichien jusqu'à Gran, hongrois de Gran à Orsova, et enfin roumain et slave d'Orsova à la mer Noire.

Une autre particularité distingue les deux fleuves. Le Rhin reçoit plusieurs grands affluents dans son cours supérieur et se grossit, en Suisse même, du puissant Aar, long de 300 kilomètres, qui lui apporte un volume d'eau considérable, car il draine une grande partie de la Confédération par ses importants affluents dont les principaux sont les Lutschine, la Kander, la Sarine, l'Emme, et surtout la Reuss et la Limmat.

Le Danube, au contraire, est renforcé sur toute la longueur de son cours par de grands affluents, dont quelques-uns, comme la Drave, l'Inn, la Theiss et la Save, ont un débit presque aussi fort que celui du Danube lui-même et contribuent ainsi à en faire le premier fleuve de l'Europe centrale.

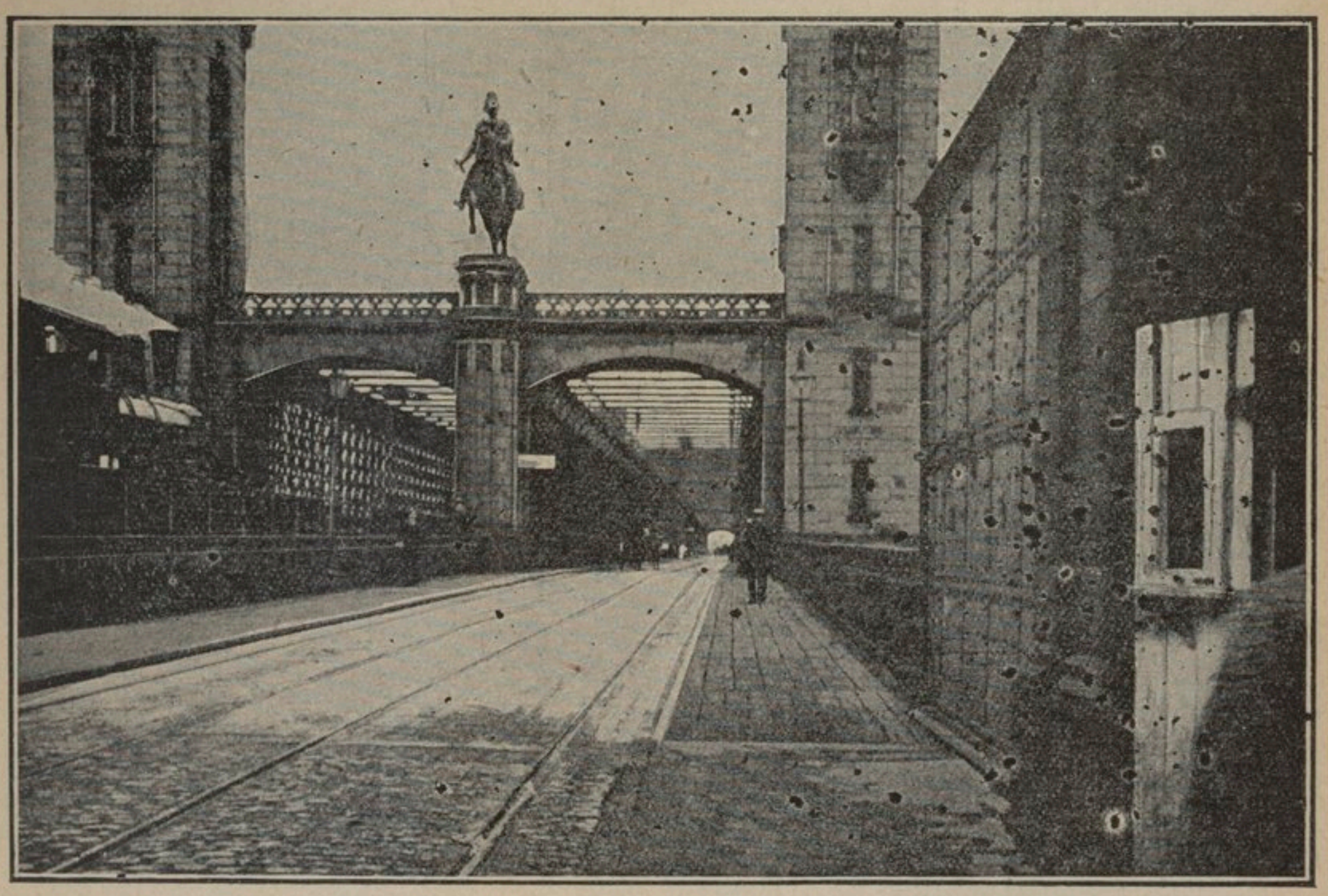
On partage généralement le cours du Rhin en trois sections dites : cours supérieur, de la source à Bâle, cours moyen, de Bâle à Bonn, et cours inférieur, de Bonn jusqu'à l'embouchure. Au point de vue de la navigation et du commerce, le Rhin commence à Kehl, ville située, comme l'on sait, près de

LE NOUVEAU PONT DE KEHL SUR LE RHIN, EN FACE DE STRASBOURG

Cet ouvrage d'art a été construit par les Allemands depuis l'annexion de l'Alsace-Lorraine; il double pour ainsi dire l'ancien pont édifié par les Français avant la guerre de 1870-71.

PONT CONSTRUIT RÉCEMMENT SUR LE RHIN DANS LA TRAVERSÉE DE COLOGNE

Ce pont a été étudié dans un système nouveau quant à la partie métallique. On a donné aux piles une architecture rappelant les anciens ouvrages de pierre allemands ou suisses pourvus de têtes de pont à tourelles.



PONT SERVANT AU PASSAGE D'UNE RUE ET D'UNE VOIE FERRÉE, A COLOGNE

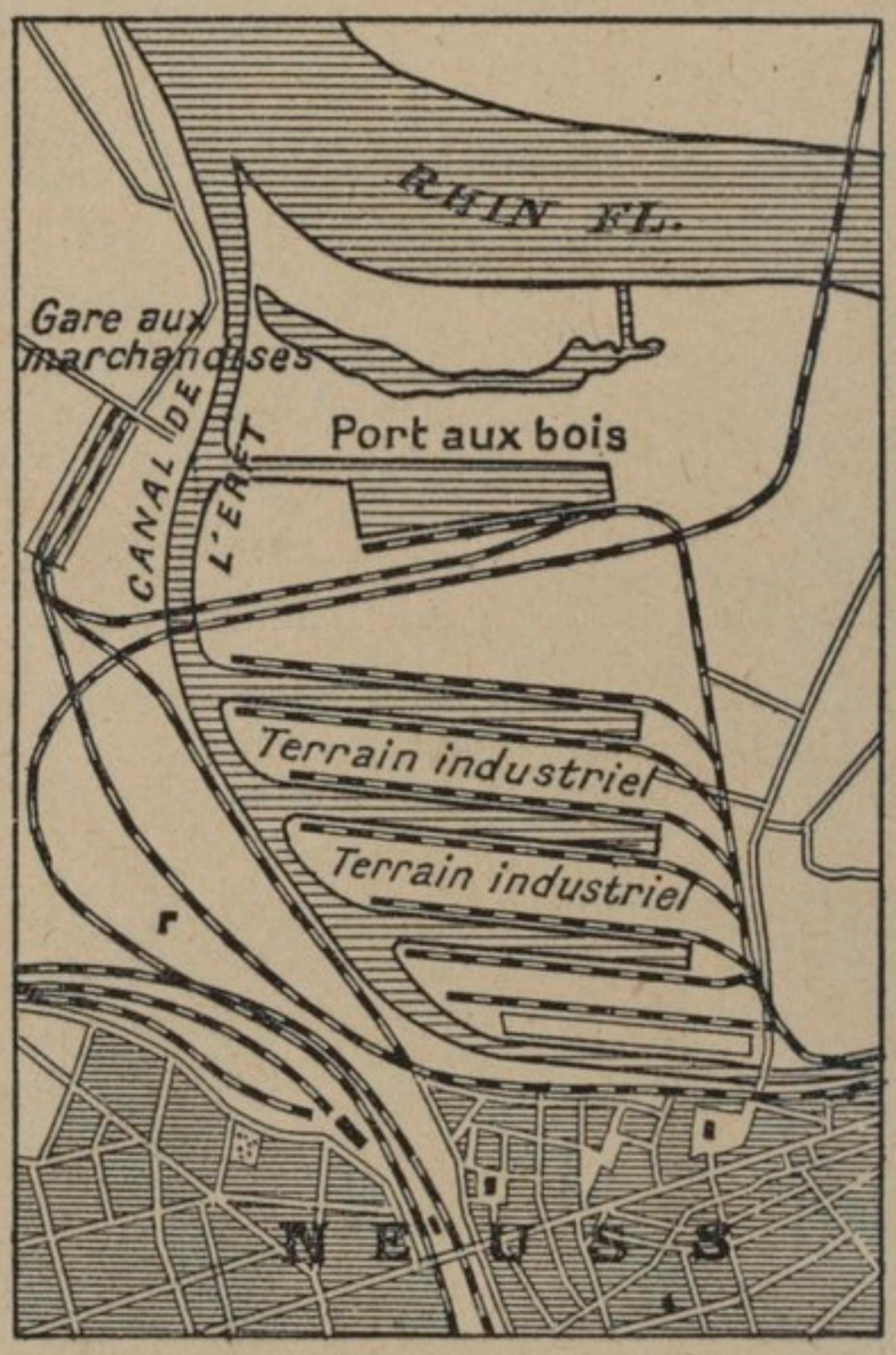
Ce pont est surmonté d'une double arcade au centre de laquelle s'érige une statue équestre de Guillaume Ier, grand-père de Guillaume II; les arcades sont flanquées de deux tours rappelant le style du XVe siècle.

Strasbourg. La section de Bâle à Kehl n'a pas encore été organisée pour la circulation des bateaux, mais des travaux considérables sont en cours pour obtenir ce résultat.

Cependant, cette partie du fleuve est fréquentée depuis longtemps par un nombre important de chalands et de remorqueurs d'un modèle à faible tirant d'eau, qui permettent de naviguer malgré les bas-fonds presque toute l'année. Le port fluvial de Bâle comporte des agencements mécaniques capables de manutentionner plus de 5.000 tonnes par jour.

La partie du fleuve comprise entre le lac de Constance et Bâle est, jusqu'ici, utilisée uniquement comme générateur d'énergie électrique, mais plusieurs ingénieurs suisses envisagent la création d'un canal qui permettrait d'éviter les chutes et les rapides assez nombreux existant sur ce parcours.

On a installé entre Bâle et Constance quatre barrages correspondant à autant d'usines hydro-électriques importantes représentant environ 100.000 chevaux. Celle de Neuhausen utilise la chute du Rhin près de Schaffhouse ; c'est la plus ancienne avec celle de Laufenburg. La Suisse a établi également le barrage et la station centrale de Rheinfelden et enfin les Allemands ont terminé en 1912 le barrage d'Augst, près de Bâle, qui alimente les deux usines d'Augst et de Wyhlen, cette dernière située sur la rive badoise. De nouveaux travaux sont en cours à Eglisau. Le barrage d'Augst comporte une écluse de navigation, et l'on projette d'en installer également à Rheinfelden et à Lauffen, ce qui prouve que la Suisse a l'intention de rendre le Rhin navigable jusqu'à Bâle. Les stations hydro-électriques du Rhin alimentent de courant un grand nombre d'usines produisant de l'aluminium ou servant à la construction de matériel de chemin de fer et de machines diverses. Les diverses villes suisses et badoises du voisinage sont aussi des clientes assurées pour la fourniture du courant d'éclairage et de l'énergie.



PLAN DU PORT FLUVIAL DE NEUSS, PRÈS DE DUSSELDORF

C'est entre Kehl et Wesel que l'Allemagne a donné libre cours à ses idées mégalomanes, en créant sur le Rhin moyen une série de ports qui constituent un des ensembles les plus complets de navigation intérieure existant actuellement dans le monde.

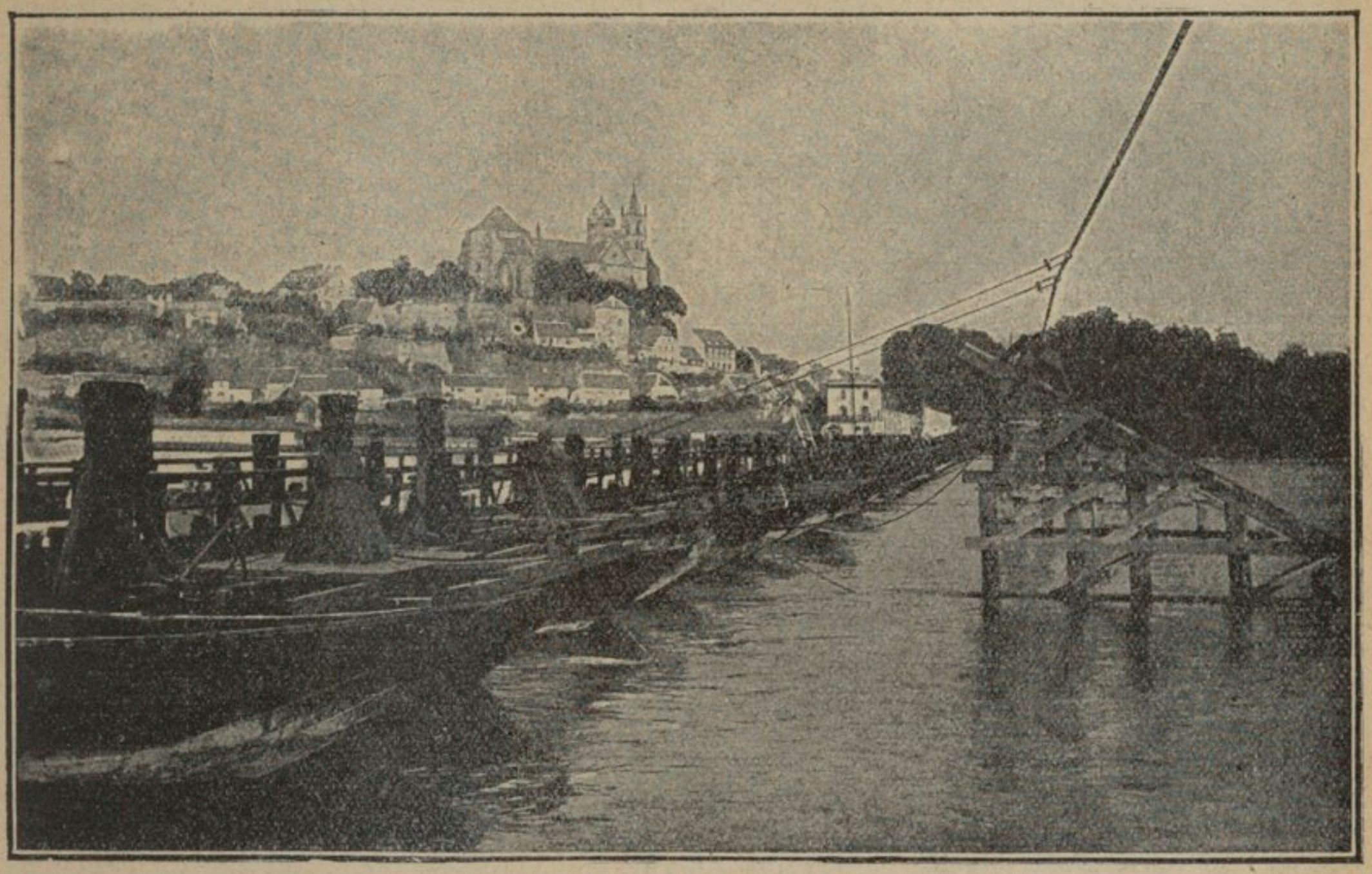
Les ports fluviaux ont généralement pour objet d'embarquer des produits lourds tels que minerais, combustibles, produits métallurgiques, etc. Ils permettent le transbordement des navires sur des chalands dans les ports de mer, ou bien la mise en entrepôts de toutes matières, ou encore le chargement des marchandises dans des wagons pour l'alimentation de l'intérieur. Enfin, de nombreux ports fluviaux sont exclusivement aménagés pour le service d'usines plus ou moins importantes isolées ou groupées le long d'un cours d'eau.

On distingue, au point de vue technique, les *ports intérieurs*, qui consistent en un simple élargissement d'un cours d'eau souvent bordé par des quais sur le trajet consacré au stationnement des bateaux, et les *ports extérieurs*, séparés au contraire, des voies navigables auxquelles ils sont reliés par des chenaux avec écluses. Les ports extérieurs peuvent être installés d'une manière beaucoup plus grandiose que les ports intérieurs, car l'existence de ces derniers gêne fréquemment la navigation.

Les ports extérieurs constituent un progrès considérable en matière de navigation fluviale et c'est dans cette voie que les Allemands ont développé les bassins de trafic et d'industrie qu'ils ont créés en grand nombre, principalement à Strasbourg, Kehl, Mannheim-Rheinau, Ludwigshafen, Worms, Mayence, Francfort-sur-le-Mein, Coblentz, Cologne, Mulheim, Dusseldorf-Neuss, Crefeld, Duisburg-Ruhrort et plusieurs autres villes.

Le port de Strasbourg a vu son trafic mon-

ter à 2 millions de tonnes dès l'année 1913. Le groupe de Rheinau-Mannheim, plus ancien et beaucoup plus important, assurait en 1912 des échanges supérieurs à 10 millions de tonnes, mais les installations les plus « colossales » de l'Allemagne, et même de l'Europe, sont celles de Duisburg-Ruhrort, situées à proximité du riche bassin houiller de la Ruhr et des grandes usines métallurgiques du Rhin. En 1912, cet ensemble de ports extérieurs (y compris les rives du Rhin, bordées de quais à Duisburg), a ma-



PONT DE BATEAUX ÉTABLI SUR LE RHIN, A VIEUX-BRISACH

nutentionné plus de 34 millions de tonnes de marchandises lourdes les plus diverses.

En vue de cette navigation fluviale grandiose, on a créé un matériel spécial qui comprend des remorqueurs de plus de mille chevaux et des chalands dont un certain nombre jaugent 3.500 tonnes. En 1913, il existait sur le Rhin moyen environ 1.800 remorqueurs et 8.500 chalands en fer portant de 500 à 3.500 tonnes. On commence à mettre en service, à la place des anciens remorqueurs à aubes, des vapeurs à hélices dont quelques-uns, tout récemment construits, sont actionnés par des turbines.

On rencontre aussi sur le Rhin un grand nombre de radeaux et de trains de bois flotté dirigés par des remorqueurs à vapeur.

Entre Mannheim et Kehl, le gouvernement badois et l'Alsace-Lorraine ont exécuté une série de travaux de correction et de régularisation au moyen d'épis perpendiculaires ou obliques, de digues longitudinales submersibles et de dragages qui ont permis à cette section du fleuve d'admettre des chalands de 1.500 tonnes dans un chenal de deux mètres de profondeur sur cent mètres de large.

Plus de vingt millions de francs ont été ainsi dépensés, et la guerre a fait ajourner des travaux couteux projetés dans le même ordre d'idées dans la section comprise entre Bâle et Strasbourg (126 kilomètres).

On peut juger de l'effort entrepris par l'Allemagne, pour assurer le développement de sa navigation intérieure, en consultant les statistiques qui révèlent que plus d'un milliard a été dépensé dans ce pays pour la construction des ports fluviaux, qui sont exploités par les villes et par des compagnies gérées par des personnes spécialement compétentes dans ce genre d'industrie. A Francfort-sur-le-Mein, le port présente une superficie de près de 500 hectares, dont 300 environ représentent des terrains utilisables pour l'industrie. Sur ce seul point, les dépenses se sont montées à près de cent millions.

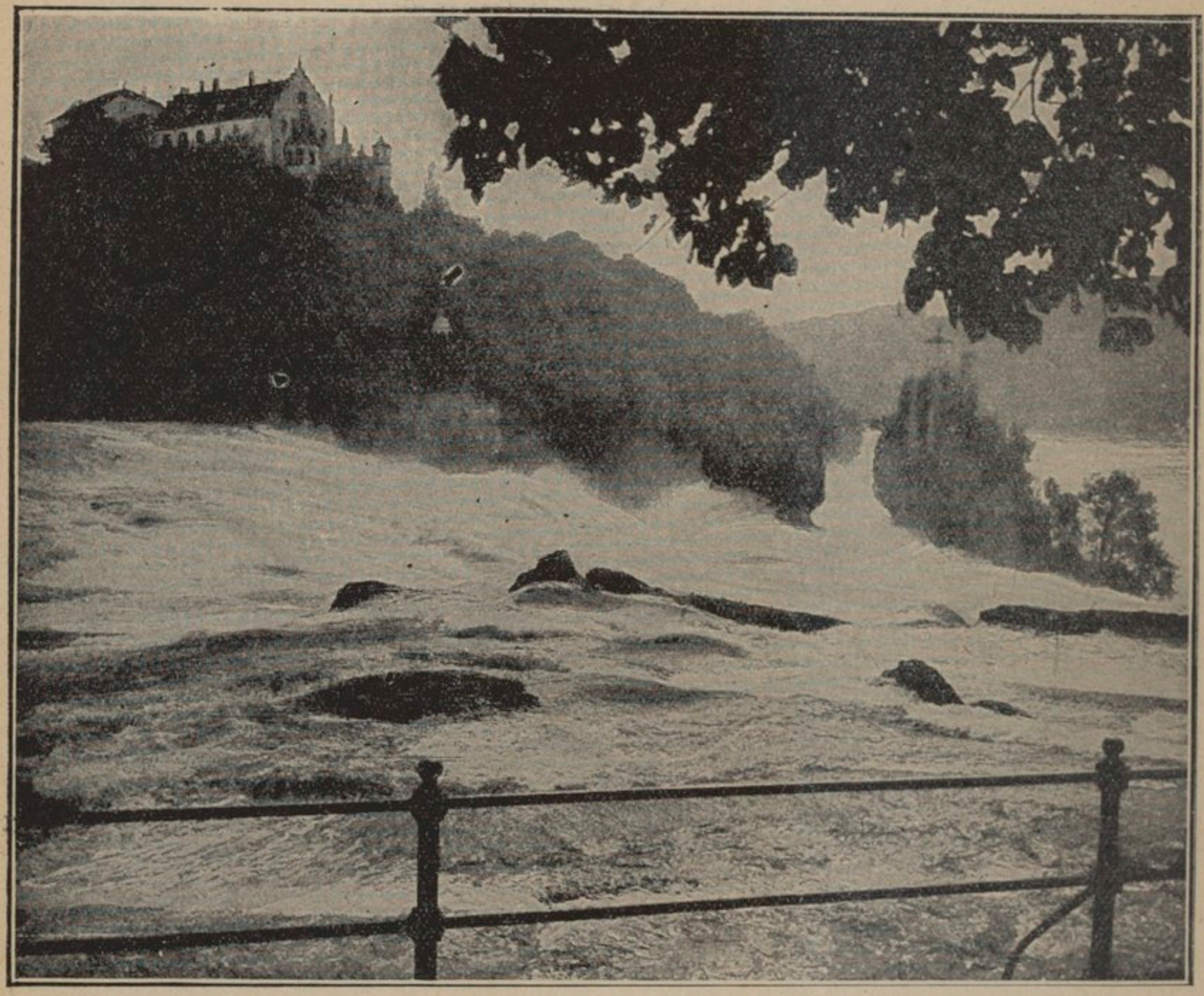
A Neuss, l'un des derniers ports fluviaux organisés sur le Rhin, les industriels disposent de plusieurs élévateurs à grains, de nombreuses grues à vapeur ou électriques, de wagons et de locomotives spéciales affec-

tés au trafic local. Les grains et les fourrages sont entreposés dans des magasins ayant plus de 200 mètres de long sur 15 de largeur. Les deux plus grands bassins de ce port intérieur, jusqu'ici aménagés, présentent une superficie d'eau de 80.000 mètres carrés.

Non contents de se servir du Rhin pour évacuer leurs produits manufacturés et leurs charbons vers la Hollande, les Allemands projetaient de créer une embouchure allemande de ce fleuve dans la mer du Nord, en créant un canal reliant Wesel à Aschendorf, sur l'Ems. Cette dernière rivière, canalisée, aboutit au port de Emdem. Le canal coûterait près de 300 millions, mais les études font craindre que ce devis ne soit amplement dépassé. D'ailleurs, les chambres de commerce rhénanes, consultées au sujet de ces travaux, considèrent que le canal de Dortmund à l'Ems suffit pour assurer le trafic du bassin de la Ruhr avec la mer du Nord.

Nous n'avons pas traité dans cet article les questions soulevées par le rôle joué par le Rhin au point de vue militaire, mais il est indispensable de signaler le grand nombre de ponts qui assurent le passage des routes et des chemins de fer conduisant de l'intérieur de l'Allemagne vers la Belgique et la France. Ce sont autant de voies d'invasion.

Ces ouvrages d'art ont un caractère architectural tout particulier, comme on peut s'en rendre compte par nos gravures.

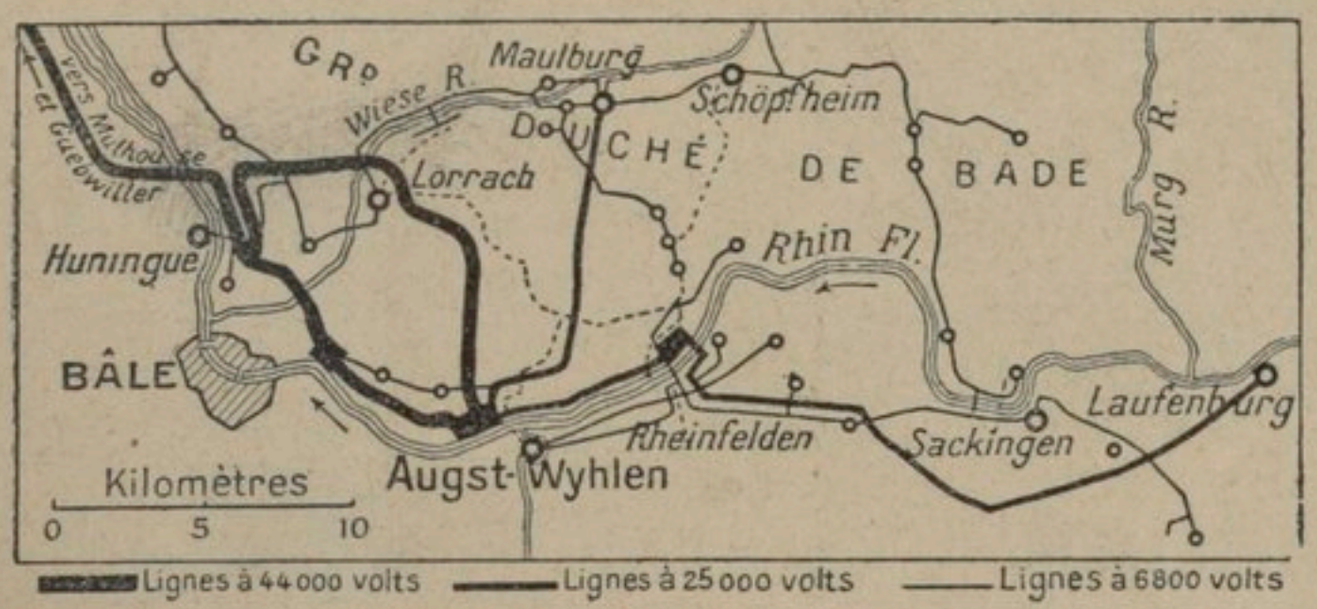


UNE CHUTE DU RHIN PARTICULIÈREMENT MAJESTUEUSE, A SCHAFFHOUSE

Deux grandes voies ferrées longent les rives gauche et droite du Rhin, de Mannheim à Dusseldorf et ont servi de base à l'organisation des transports commerciaux ou militaires le long du fleuve.

On voit donc que le Rhin présente actuellement un double caractère industriel et commercial au point de vue de la création de l'énergie électrique et de la navigation. C'est dans cette voie que devront continuer de travailler les nations intéressées au développement de ce grand fleuve. Il faut espérer que la France récupérera une grande partie de sa rive gauche, depuis Bâle jusqu'à un

point placé suffisamment loin pour assurer notre sécurité, en même temps que la prospérité générale des régions limitrophes.



LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES ALIMENTÉS PAR LES USINES DU RHIN, ENTRE MULHOUSE ET LAUFENBURG

Comme nous l'avons dit plus haut, le Danube est le deuxième fleuve de l'Europe après la Volga, car sa longueur est de 2.800 kilomètres, dont 200 seulement ne sont pas navigables. En effet, dès Passau, la profondeur du fleuve est de 5 mètres, et à Orsova elle atteint 50 mètres dans les défilés des Portes de Fer, avec une largeur qui varie de 200 à 3.000 mètres.

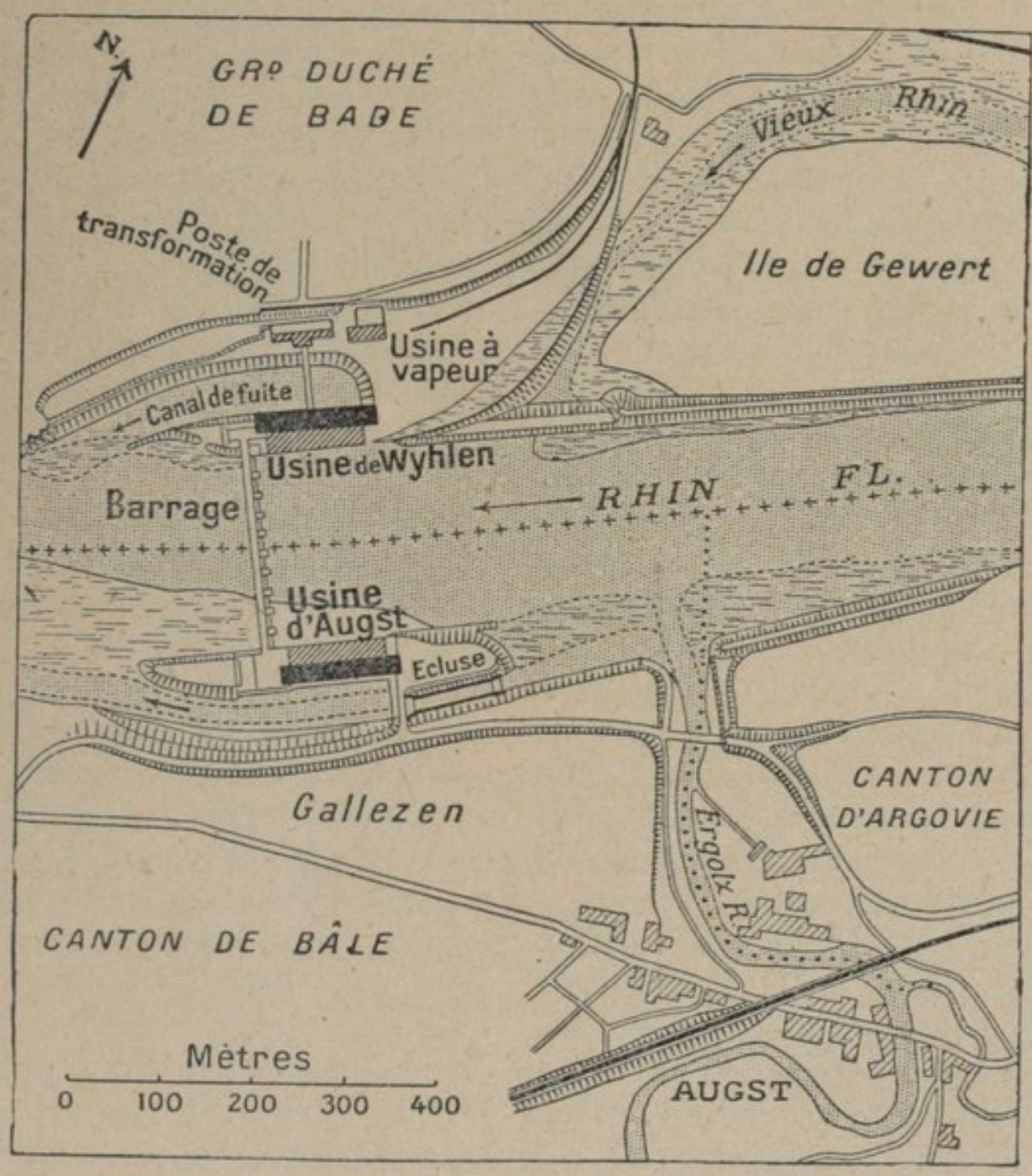
Le haut Danube a 970 kilomètres, de Donaueschingen à Orsova. La partie du fleuve comprise entre la frontière de Roumanie et Braïla constitue ce qu'on appelle le moyen Danube.

Enfin, le bas Danube coule à partir de Braïla jusqu'à la mer Noire.

Le débit du Danube est de 10.000 mètres cubes à Vienne (cote 158 m.) et de 20.000 mètres cubes à l'embouchure. Ces chiffres sont supérieurs à ceux du Rhône, qui roule 7.000 mètres cubes à Lyon et 14.000 à Aigues-Mortes, mais le Danube descend de 158 mètres sur un cours de 1.970 kilomètres, tandis que le Rhône n'a que 329 kilomètres de développement entre Lyon et la mer. Ces circonstances éminemment favorables ont fait du Danube la plus belle voie navigable d'Europe. Les aménagements du cours supérieur se sont bornés à quelques travaux de faible importance, sauf dans la traversée de la ville de Vienne, aux Portes de Fer et sur le bas Danube.

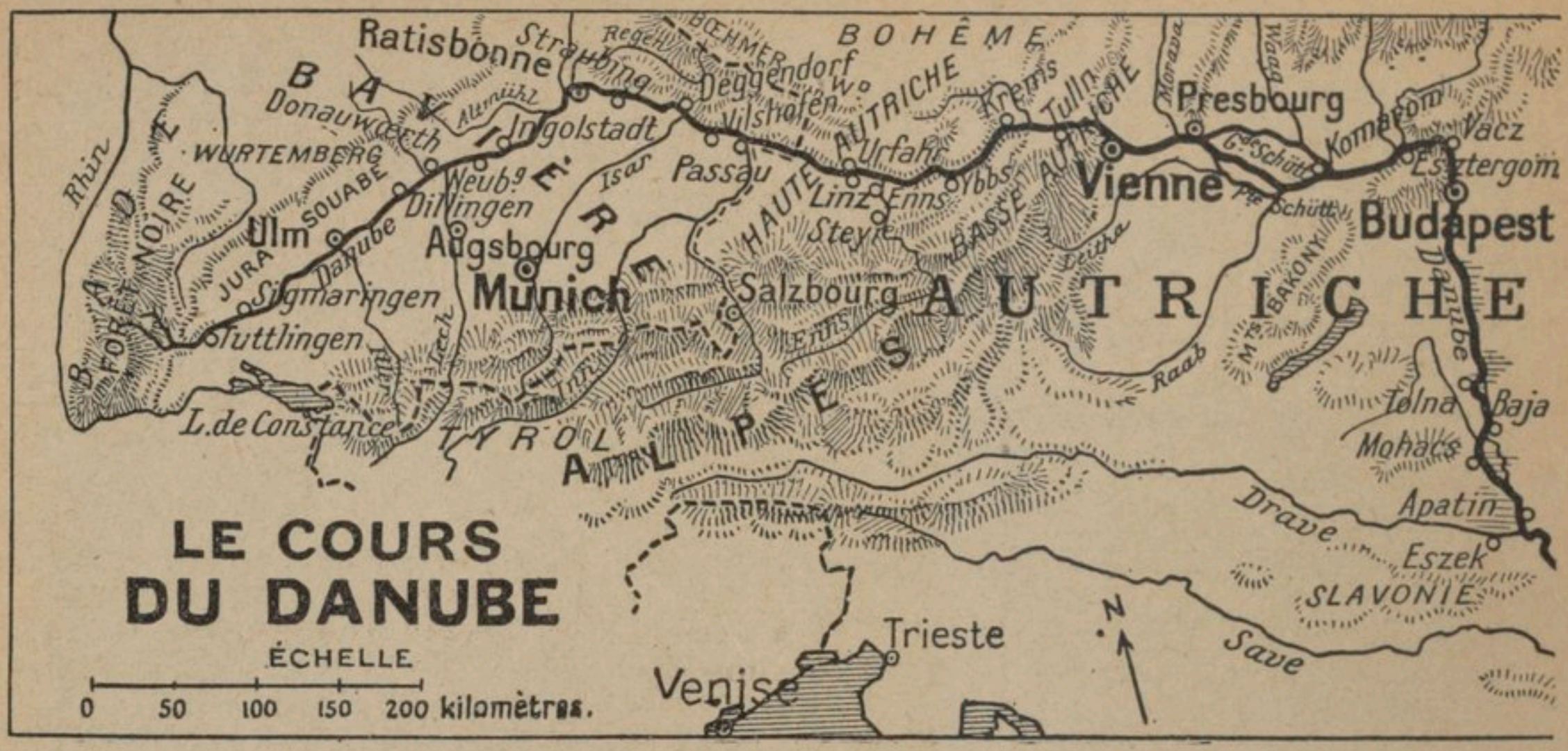
De 1870 à 1875, les entrepreneurs français Couvreux et Hersent ont construit à Vienne un canal de 15 kilomètres pour faciliter l'écoulement des eaux des crues et de rendre la navigation fluviale plus sûre.

D'importants travaux de régularisation ont été entrepris par la Hongrie aux Portes de Fer, de 1890 à 1895. Après avoir construit des endiguements à Jucz et à Greben, afin d'atténuer les rapides et de relever le niveau des eaux, on pratiqua dans le lit rocheux du fleuve un chenal de 60 mètres de longueur avec 2 mètres de profondeur au-dessous des plus basses eaux. Enfin, on exécuta sur la rive serbe, à Wascapu, un canal de 2.500 mètres de longueur avec 80 mètres de largeur et 2 mètres de profondeur, protégé par des digues insubmersibles. Enfin, la commis-



LE BARRAGE D'AUGST, SUR LE RHIN

Cet ouvrage a 180 mètres de longueur; la chute alimente deux usines de 15.000 chevaux, situées sur chaque rive, à Augst, en Suisse, et à Wyhlen, dans le Grand-Duché de Bade.



LE COURS DU DANUBE DEPUIS SA SOURCE, DANS LA FORÊT NOIRE, JUSQU'A SES

sion européenne du Danube fait procéder à des travaux périodiques de dragage et à des améliorations du bas Danube énumérées plus loin. Le Danube constitue la seule voie naturelle entre l'Europe centrale et le Levant, surtout depuis que les défilés de Kazan ont été l'objet des grands travaux signalés ci-dessus.

C'est la route du Danube que suivent les céréales et les bois provenant des pays orientaux : Roumanie, Serbie, Bulgarie, Russie, Hongrie et Autriche, à destination de Rotterdam et de l'Angleterre, via Braïla et Sulina. Inversement, les houilles et les machines de toutes espèces importées par mer de Belgique, d'Angleterre ou de France, sont transportées sur chalands à Galatz et à Braïla et dirigées sur la Serbie et la Bulgarie.

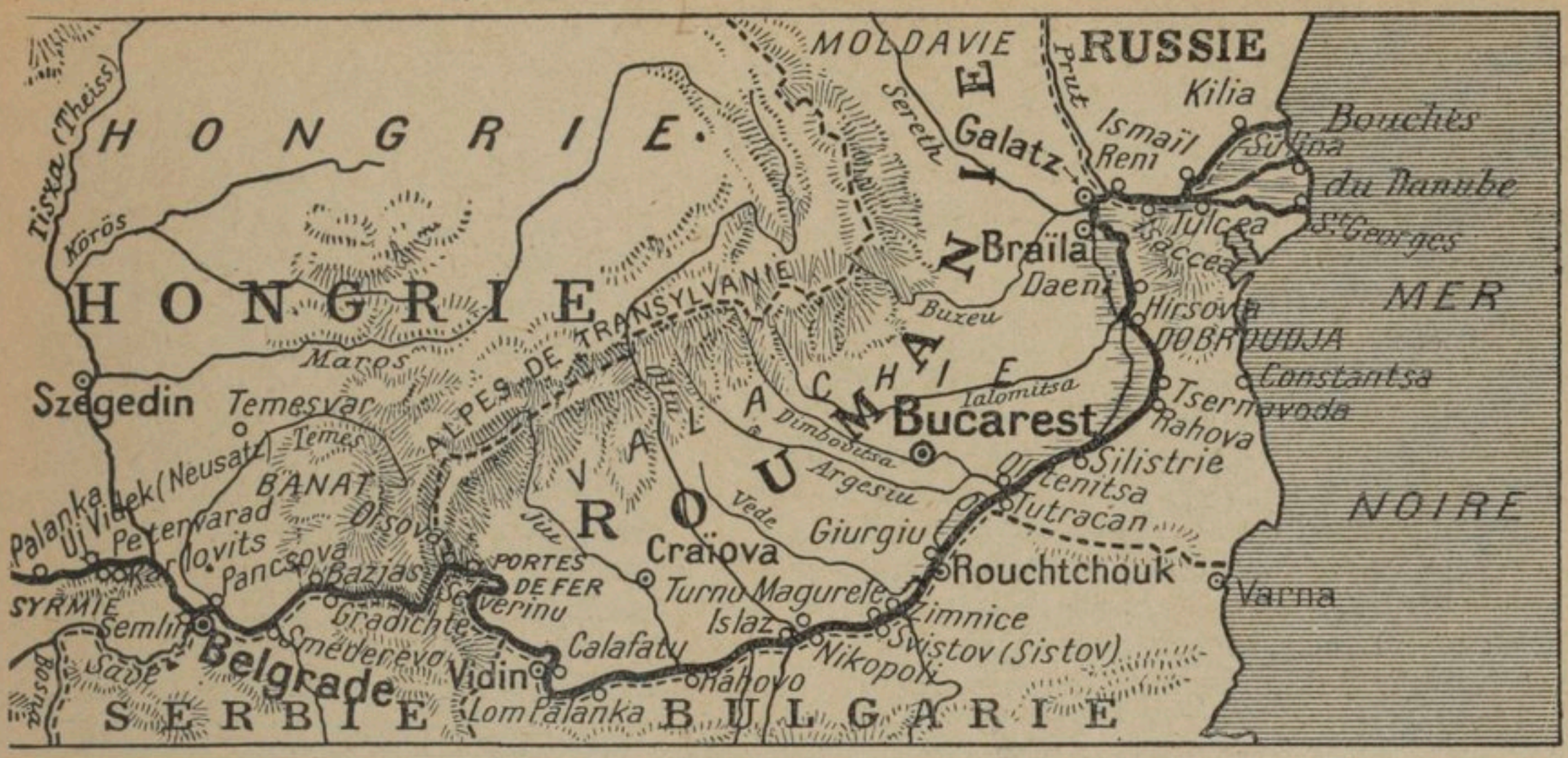
Le Danube et les canaux qui le relient aux autres cours d'eau de l'Europe centrale ont une importance capitale pour l'avenir de l'Allemagne et de l'Autriche. Depuis 1846, le canal Ludwig unit le Rhin au Danube, établissant ainsi une communication directe entre Londres et les ports de la mer Noire. En 1912, 3.675 navires et presque autant de radeaux chargés de 405.000 tonnes de marchandises ont emprunté le canal Ferencz, qui joint le Danube à la Theiss. Le canal des Portes de Fer a livré passage pendant la même année à 4.311 steamers et à 2.686 radeaux portant 745.000 tonnes de marchandises. Le service des ponts et chaussées autrichien a étudié de nombreux projets en vue de réaliser la jonction du Danube aux fleuves allemands et polonais, tels que l'Oder, la Moldau, l'Elbe, la Vistule et le Dniester.

La Roumanie est, parmi les puissances danubiennes, la principale intéressée dans les questions commerciales et politiques relatives à la navigation sur le fleuve. En effet, avant la guerre, les céréales formaient 80 % des exportations roumaines et on en dirigeait la moitié par la voie du Danube vers l'Autriche-Hongrie, la Belgique et l'Angleterre. D'autre part, les empires centraux expédiaient par cette voie une grande quantité de marchandises représentant près de 50 % des importations de la Roumanie.

L'importance de ces échanges commerciaux a rendu nécessaire l'institution d'une organisation internationale destinée à veiller sur la liberté de la navigation et à assurer l'exécution des travaux d'entretien et d'amélioration nécessaires sur le cours du fleuve.

A la suite de ses défaites, la Russie perdit, après la guerre de Crimée, la Bessarabie et les bras du Danube. Le Congrès de Paris consacra le nouvel état de choses. D'après l'article 15 du traité adopté le 30 mars 1856, les puissances contractantes stipulaient entre elles qu'à l'avenir les principes établis par l'acte du Congrès de Vienne de 1815, en vue de régler la navigation des fleuves qui séparent ou qui traversent plusieurs Etats, seraient également appliqués au Danube et à ses embouchures. Elles déclaraient que cette disposition faisait désormais partie du droit public de l'Europe et la prenaient sous leur garantie en cas de conflit.

La navigation sur le Danube ne pouvait plus ainsi être assujettie à aucune entrave ni redevance qui ne serait pas signalée expressément par les stipulations contenues dans les autres articles de ce nouveau traité.



TROIS GRANDES EMBOUCHURES DANS LA MER NOIRE, AU NORD DE LA DOBROUDJA

Dans le but de réaliser les dispositions de l'article 15 de son protocole final, le Congrès de Paris institua deux grandes commissions.

Une commission européenne temporaire, composée des représentants des puissances ayant pris part au congrès — France, Grande-Bretagne, Prusse, Russie, Sardaigne, Autriche et Turquie — fut chargée, à partir de ce moment, d'arrêter les projets et de surveiller l'exécution des travaux de régularisation nécessaires pour dégager les embouchures du Danube, depuis Isaktacha, afin de mettre définitivement cette partie du fleuve et les régions maritimes avoisinantes dans les meilleures conditions possibles de navigabilité.

Une commission riveraine permanente, composée des délégués de l'Autriche, de la Bavière, du Wurtemberg et de la Sublime Porte et de trois commissaires des principautés danubiennes, agréés par le sultan, était créée avec le programme suivant : élaborer les règlements de navigation et de police fluviales, faire disparaître les entraves à la navigation, ordonner et faire exécuter les travaux nécessaires sur tout le parcours du fleuve, veiller après la dissolution de la commission européenne au maintien de la navigabilité des embouchures du Danube et des parties de mer avoisinantes. La première commission européenne du Danube avait donc un caractère temporaire et ne s'occupait que du cours inférieur du fleuve, tandis que la commission riveraine, surtout composée d'Allemands et d'Autrichiens, était chargée de tout son cours et devait être perpétuelle.

Ayant perdu la Bessarabie, la Russie était évincée de cette dernière assemblée à laquelle l'Autriche s'efforça d'imposer un règlement favorable à ses intérêts particuliers. Cependant la commission riveraine cessa bientôt ses travaux, tandis que la commission européenne, bien que soi-disant temporaire, continua de fonctionner seule.

La Conférence de Paris de 1866 ratifia l'acte d'institution de la commission européenne, qui fut prorogée pour un nouveau délai de 5 ans, délai qui fut encore augmenté de 12 ans en 1871 et de 21 ans en 1883.

Depuis 1904, les pouvoirs de la commission se renouvellent périodiquement de trois en trois ans par voie de tacite reconduction.

Profitant de la nouvelle situation politique issue de la guerre de 1870-71, la Russie, depuis longtemps désireuse d'effacer les clauses du traité de Paris, humiliantes pour elle, dénonça ce traité et obtint de la Conférence de Londres (1871) des modifications qui tendaient à diminuer à son profit l'influence rivale de l'Autriche-Hongrie dans le règlement des affaires danubiennes.

C'était un nouveau pas dans la voie de l'internationalisation du fleuve, dont le régime devait être complètement modifié par les diverses clauses du Congrès de Berlin.

C'est, en effet, à Berlin, en 1878, que le prince de Bismarck fit annuler le traité de San Stefano, qui avait mis fin à la guerre russo-turque de 1877. Ce traité donnait à la Russie toutes les bouches du Danube.

Le Congrès de Berlin ne laissa aux Russes que le bras de Kilia, et la Roumanie commença à jouer un rôle important dans l'administration du Danube, sans toutefois être admise à la rédaction des règlements

concernant la navigation sur le fleuve.

Par l'article 52 du traité de Berlin, les hautes parties contractantes reconnaissant comme étant d'intérêt européen les garanties assurant la liberté de circulation sur le Danube, décidaient que toutes les forteresses et fortifications existant depuis les Portes de Fer jusqu'aux embouchures, seraient rasées et qu'il ne pourrait plus jamais en être élevé de nouvelles sous aucun prétexte.

Aucun navire appartenant à une marine militaire ne pouvait naviguer en aval des Portes de Fer, à l'exception des bâtiments légers affectés à la police fluviale et au service des douanes. Seuls, les stationnaires des puissances contractantes, ordinairement mouillés aux embouchures, étaient autorisés à remonter jusqu'à Galatz pour leurs réparations.

L'article 53 consacrait l'accession de la Roumanie à la commission européenne du Danube, qui était maintenue définitivement dans ses fonctions et dont le droit de surveillance et d'administration s'étendait à l'avenir sur tout le fleuve jusqu'aux embouchures.

Il n'était plus question de la commission riveraine, mais la situation des commissaires européens n'était pas mieux définie qu'elle ne l'avait été par le Congrès de Paris. La police fluviale entre les Portes de Fer et Galatz restait confiée aux délégués des puissances, assistés des délégués des Etats riverains : l'Autriche seule étant chargée des travaux qui devaient être exécutés dans les défilés de Kazan pour détruire les obstacles nuisant au développement de la navigation (rapides, seuils rocheux, etc.).

C'est alors que la Roumanie et les Etats voisins engagèrent une lutte énergique contre l'Autriche, à propos de la nomination du comité exécutif qui devait assurer l'accomplissement des mesures d'aménagement et de conservation édictées par le Congrès.

La Conférence de Londres de 1883 trancha ce différend dans le sens désiré par les Autrichiens, mais la Roumanie, hostile à cette décision, refusa systématiquement son consentement à tous les actes de la Conférence. Les pouvoirs de cette dernière, bien qu'étendus au parcours entre Orsova et Braïla, restèrent donc finalement lettre morte.

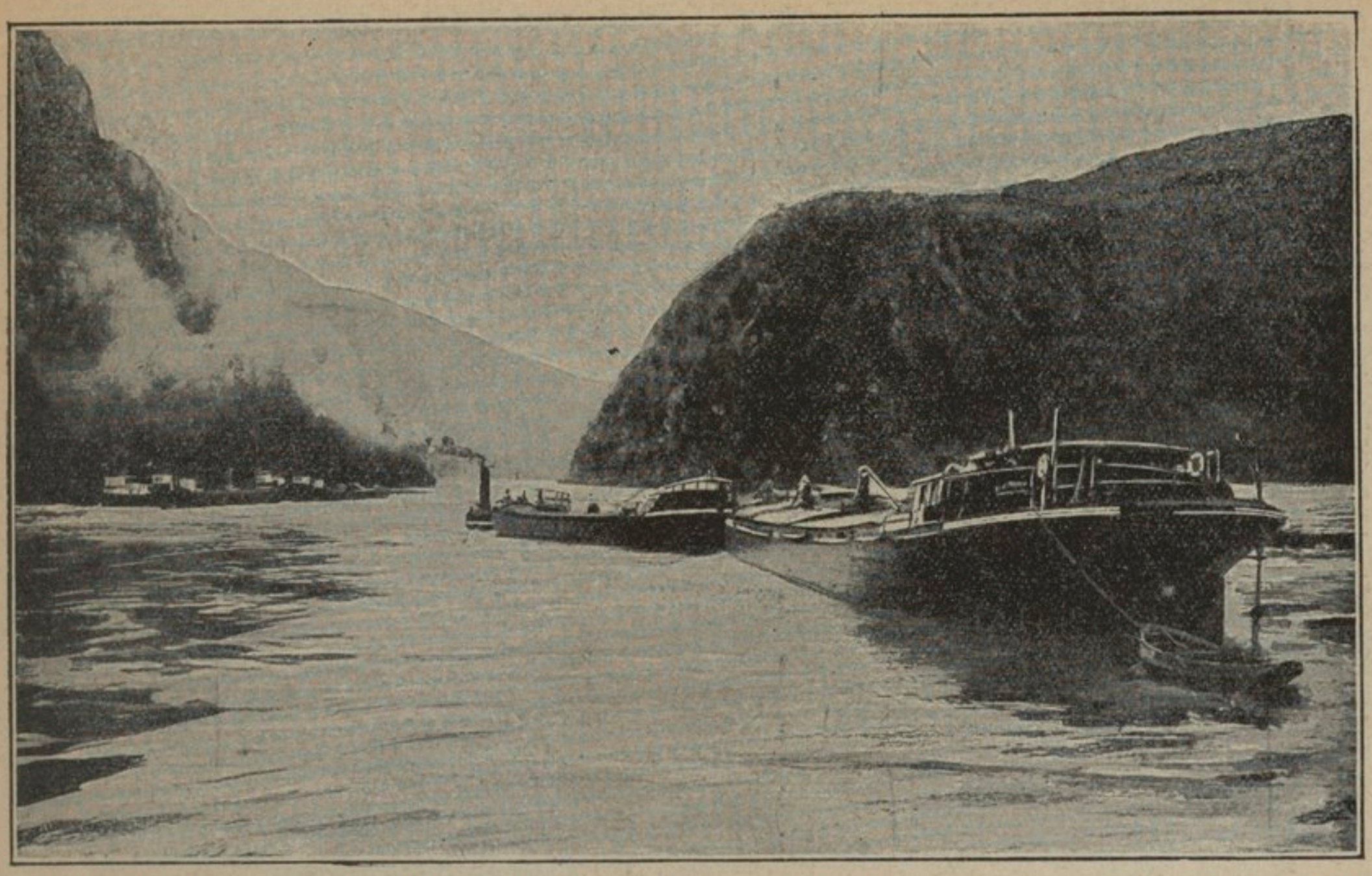
C'est ce qui explique les faibles résultats obtenus par toutes les réunions diplomatiques relatives à la question du Danube.

Seule, sa partie maritime a été l'objet d'améliorations dues aux mesures énergiques prises par la commission européenne.

Le Danube supérieur en amont d'Orsova, qui est presque tout entier situé sur le terri-

LE PONT MONUMENTAL ÉLIZABETH, SUR LE DANUBE, A BUDAPEST

Ce pont suspendu, construit à l'ancienne mode, a un caractère décoratif qui le rend beaucoup plus agréable à la vue que la plupart des ponts aux formes lourdes et prétentieuses édifiés par les Allemands. On a évité ici les tours et les statues classiques des ponts du Rhin.



REMORQUEUR ET CHALANDS FRANCHISSANT LE DÉFILÉ DE KAZAN

Depuis que la Hongrie a procédé aux travaux de rectification du Danube aux Portes de Fer, de nombreux bateaux chargés de marchandises ou de munitions de guerre peuvent circuler librement sur le fleuve.

toire autrichien, est encore régi par les règlements de 1855, élaborés par l'Autriche, la Bavière et le Wurtemberg. La navigation est libre pour tous les pavillons, les riverains ayant seuls le droit de cabotage. La Serbie, également riveraine, n'ayant pas adhéré aux anciens traités, s'était fait garantir par l'Autriche le traitement de la nation la plus favorisée en ce qui concerne la navigation sur le fleuve, et avait donné en retour à sa puissante voisine toutes facilités pour l'exécution rapide des travaux des Portes de Fer.

La commission européenne, telle qu'elle fonctionne actuellement, administre le bas Danube au moyen d'un personnel spécial dirigé par le capitaine de port de Sulina et par un inspecteur de police et de navigation à qui incombe la surveillance entre Braïla et Sulina. Les navires de toutes les puissances doivent obéir à ces agents, dont les ordres sont, au besoin, appuyés par la présence de canonnières stationnées devant Sulina.

Cette dernière ville est aujourd'hui pourvue d'un port franc, muni de quais et de jetées abondamment éclairés. La profondeur du bras de Sulina a été portée de 2 m. 75 à 8 mètres par des dragages et par la construction de jetées. En même temps que l'on régularisait la profondeur, on supprimait une trentaine de coudes, ce qui permettait de raccourcir le parcours de plus de 20 kilomètres. Des phares assez puissants et de nombreuses balises guident les navigateurs qui remontent le fleuve jusqu'à Braïla.

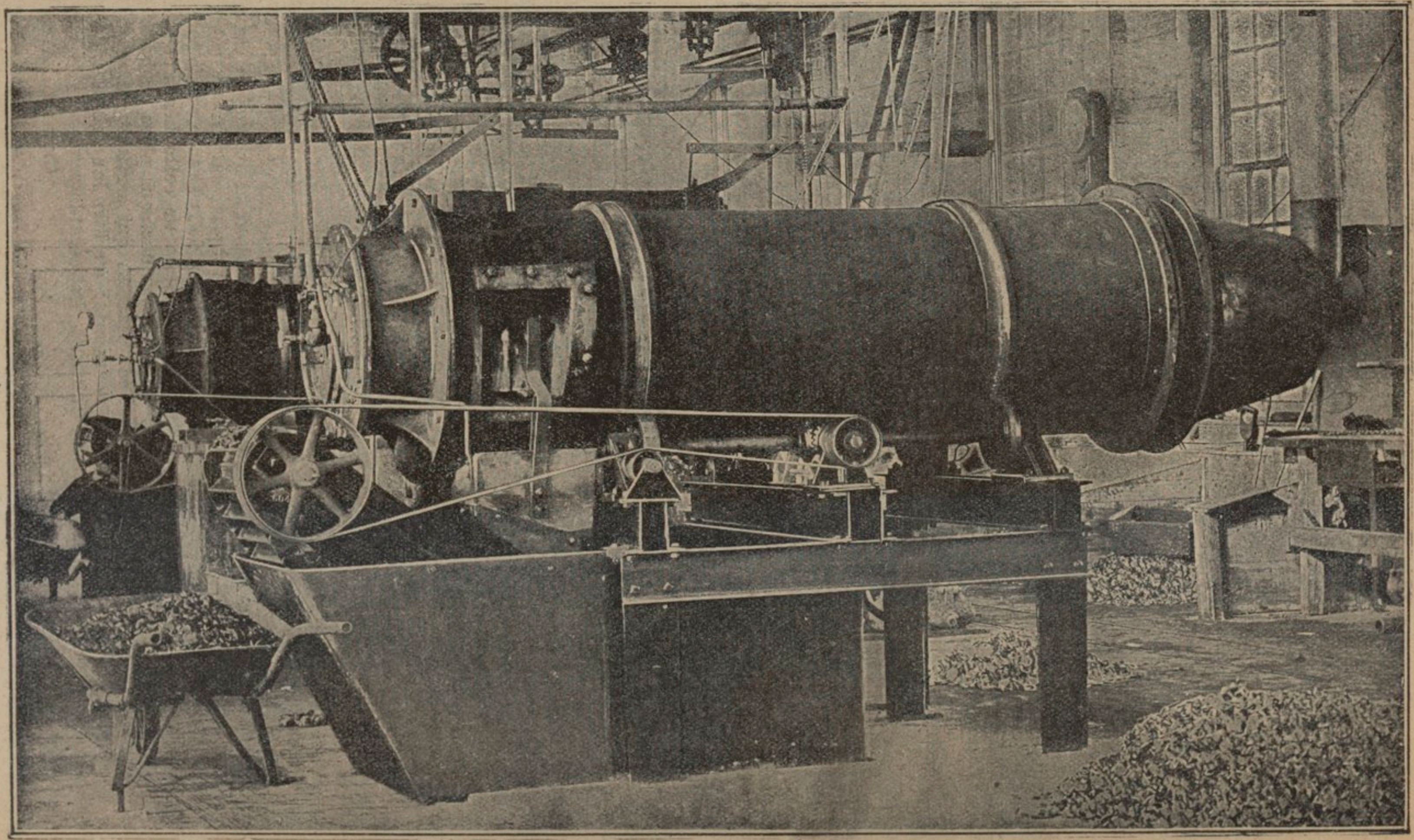
L''influence des guerres balkaniques s'est traduite par une diminution considérable du nombre et du tonnage total des steamers fréquentant le bas Danube. En 1914, 718 vapeurs seulement (1.356.000 tonnes) ont trafiqué dans les ports bulgares et roumains (1.532 avec 2.711.000 tonnes en 1911).

On voit quelle importance ont le Rhin et le Danube pour l'Allemagne, qui cherche à entraîner les Autrichiens et les Hongrois dans une entreprise qui serait comme une sorte de Société générale pangermanique à capital illimité, ayant pour but de répandre dans tout l'univers et surtout en Orient les produits du sol germain. Un des principaux buts de guerre de la France est de s'opposer à la réalisation de cette hégémonie et de réclamer son ancienne place au bord de ce Rhin français qui servirait de nouveau à transporter au loin les richesses de notre hinterland alsacien-lorrain.

CHARLES LORDIER.

Les photographies qui ont servi à illustrer cet article ont été obligeamment mises à la disposition de « La Science et la Vie » par la maison du Vérascope Richard.

FOUR A RECUIRE ROTATIF HELICOIDAL SYSTEME ROCKWELL



Ce four a l'avantage de provoquer l'avancement automatique des pièces à recuire et, en même temps, de les nettoyer par la rotation.

L'UTILISATION DES POUSSIERS ET DES MENUS FRAGMENTS DE CHARBON

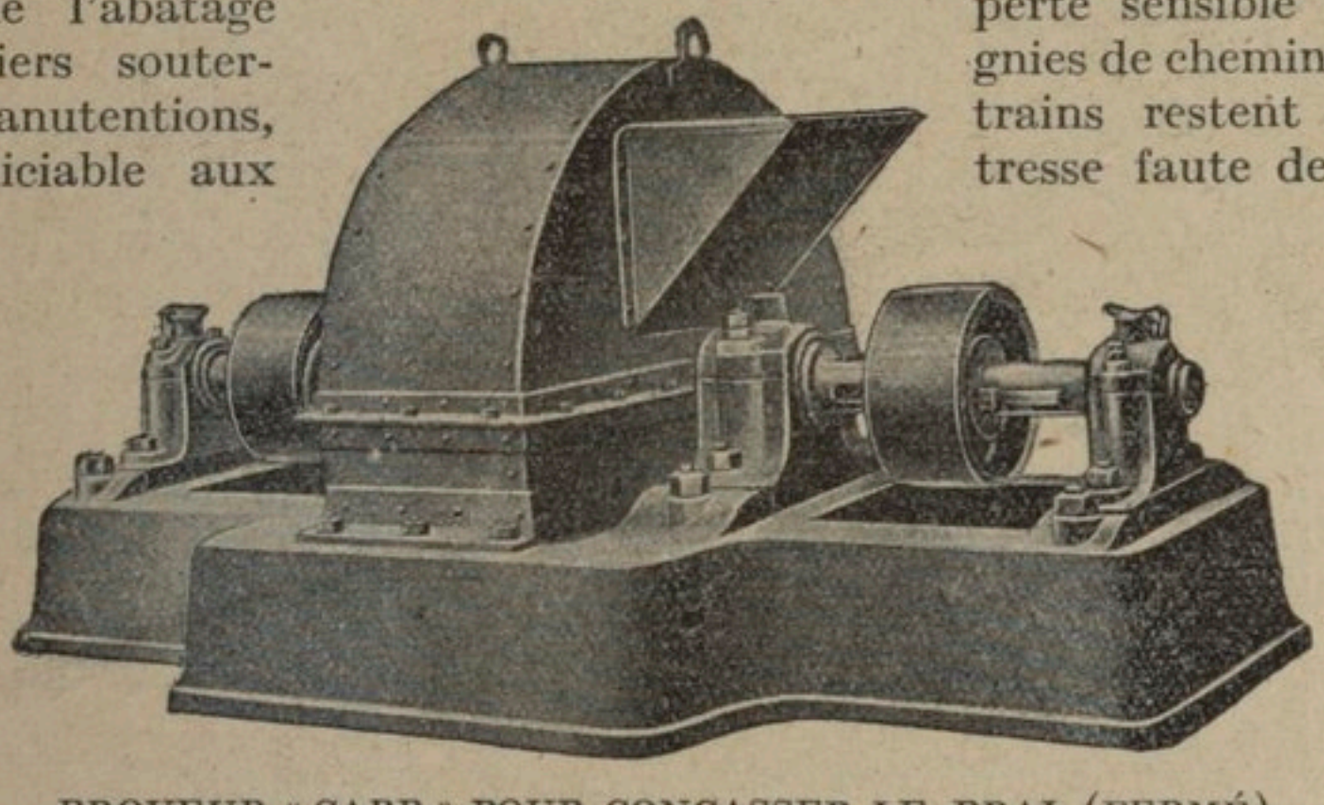
Par Charles **RAYNOUARD**

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

La houille n'a de valeur commerciale que si elle reste en gros morceaux au sortir des puits et jusque chez le client. La formation des menus et des poussiers qui résultent de l'abatage dans les chantiers souterrains, et des manutentions, est très préjudiciable aux exploitants de mines et aux négociants en charbons.

Le poussier, et même le menu, dont les morceaux ont moins de deux ou trois centimètres de diamètre, constituent par conséquent des déchets qu'il faut éviter, car leur valeur vénale est très inférieure à celle du gros. Le cardiff et les autres charbons durs en fournissent moins que les newcastle et que les houilles du Centre de la France ou des bassins allemands (Ruhr et Sarre).

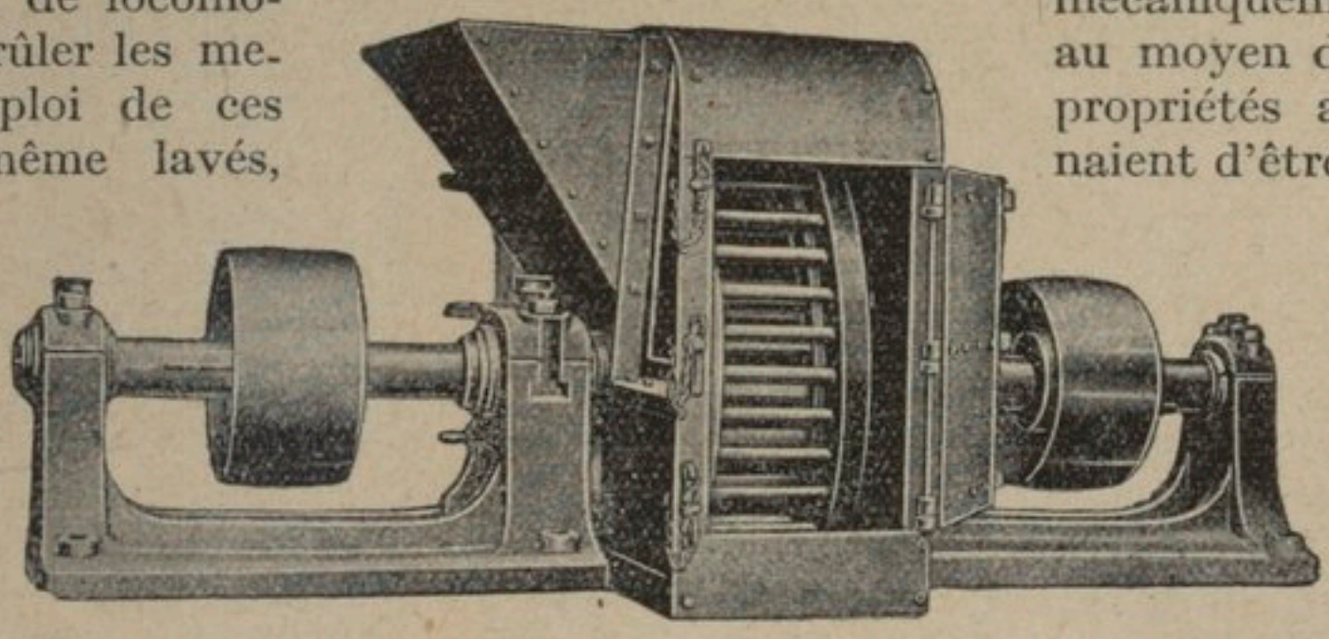
On a imaginé des foyers de chaudières fixes, et même de locomotives, aptes à brûler les menus, mais l'emploi de ces combustibles, même lavés, présente de nombreux inconvénients, bien que le prix relativement bas auquel ils sont vendus ait pu les faire accepter par certains consommateurs. Le pouvoir calorifique, et par conséquent la puissance évaporatoire du petit charbon, sont inférieurs à celui du gros, et le tirage actif des locomotives produit, quand elles brûlent des menus, une grande quantité d'escarbilles. C'est là une cause de perte sensible pour les compagnies de chemins de fer, car leurs trains restent souvent en détresse faute de vapeur et elles ont à payer de fortes indemnités aux riverains dont les récoltes et les propriétés sont incendiées par les parcelles incandescentes s'échappant des cheminées.



BROYEUR « CARR » POUR CONCASSER LE BRAI (FERMÉ)

Il est donc préférable de transformer les menus et les fines plutôt que de les brûler crus sur les grilles des foyers. La meilleure solution de cet important problème a été fournie en France par Ferrand et Marsais, qui, en 1844, fabriquèrent les premières briquettes ayant une vraie valeur commerciale, en agglomérant mécaniquement des poussiers au moyen du brai, dont les propriétés agglutinantes venaient d'être découvertes par l'ingénieur anglais William Wylam, de Newcastle-on-Tyne.

Le brai gras s'obtient en éliminant des goudrons fournis par la fabrication du gaz d'éclairage ou du coke métallurgique, 20 à 25 % des matières volatiles qu'ils renferment. En



BROYEUR « CARR » A BRAI ET A CHARBON (OUVERT)

Cet appareil se compose de deux plateaux d'acier montés sur des arbres distincts et sur lesquels sont rivées en cercles concentriques des broches réunies entre elles, du côté opposé au plateau, par des cercles métalliques. Quand le broyeur fonctionne, les broches de l'un des plateaux tournent dans l'intervalle laissé libre par celles de l'autre. Le tout est renfermé dans une robuste enveloppe de tôle d'acier.

soumettant ces goudrons à une température de 300°, on recueille le brai sec, complètement exempt de matières volatiles. Les premières machines françaises à agglomérer furent construites par M. Marsais, en 1842.

Actuellement, il existe en France environ cent usines d'agglomération de combustibles dont la moitié ont été installées par des compagnies minières à proximité de leurs puits. Les cinquante autres fabriques de briquettes et de boulets appartiennent pour la plupart à des marchands de charbons qui les ont montées dans des ports du littoral, de manière à pouvoir traiter des menus étrangers et surtout anglais, aussi bien que des produits de mines françaises. Ces dernières usines passent aussi dans leurs presses les poussiers provenant des cales des navires fréquentant les ports près desquels elles sont installées et trouvent ainsi un écoulement facile pour leurs briquettes qu'elles vendent surtout aux grandes compagnies de navigation et aux chemins de fer.

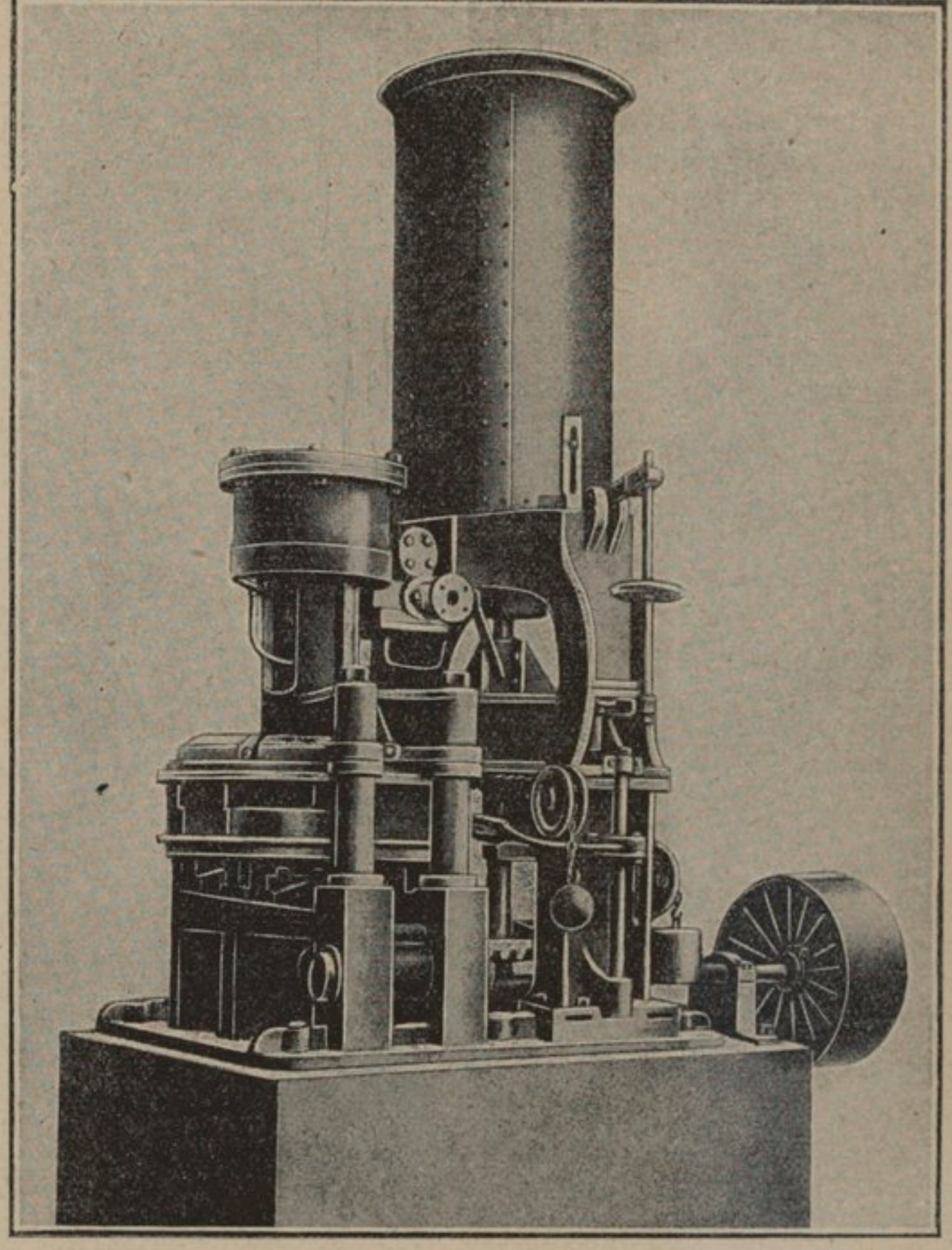
En 1913, les mines françaises avaient fabriqué environ 3.220.000 tonnes d'agglomérés dont plus de 1.800.000 tonnes dans les bassins du Nord et du Pas-de-Calais, et 715.000 dans celui du Gard. Neuf mines vendaient plus de 100.000 tonnes d'agglomérés par an. La Compagnie d'Aniche a produit, en 1913, 610.259 tonnes, tandis que les mines d'Anzin atteignaient un tonnage de 483.860 tonnes et celles de la Grand'Combe un total de 329.486 tonnes vendues surtout à la flotte nationale et à la Compagnie du P. L. M.

Comme nous le disions plus haut, les chemins de fer et la marine militaire sont les principaux consommateurs de briquettes et les mines trouvent ainsi un écoulement facile pour leurs menus, dont la proportion atteint souvent 15 à 18 % de l'extraction totale. Pour le chauffage domestique, on emploie surtout les boulets ovoïdes de charbon, de lignite ou d'anthracite. Cependant, on trouve parfois plus avantageux, notamment en industrie, de brûler directement les fines, lavées ou non, dans des foyers spéciaux au lieu de payer 5 à 8 fr. de supplément rien que pour les frais d'agglomération

Les briquettes s'arriment facilement dans les soutes et dans les cales des navires et l'on économise au moins 10 % de la place occupée par le charbon en morceaux qui donne jusqu'à 30 % de poussier, alors que les agglomérés n'en fournissent que 5 %.

De plus, ce combustible brûle facilement sur les grilles ordinaires et vaporise beaucoup d'eau, même avec des chauffeurs peu expérimentés, tandis que l'emploi des menus exige des appareils spéciaux et un personnel exercé que l'on paie naturellement très cher.

Les briquettes ont, en général, la forme d'un parallélipipède rectangulaire et pèsent de 8 à 10 kilogrammes. Elles doivent être bien agglomérées, c'est-à-dire entières, ni fendillées, ni grêlées, sèches, dures, sonores,



PRESSE A BRIQUETTES SYSTÈME STEVENS

Cet appareil anglais, employé par les fabricants d'agglomérés du district de Cardiff, produit, par journée de travail, 50 tonnes de briquettes du type rectangulaire pesant 10 kilos chacune.

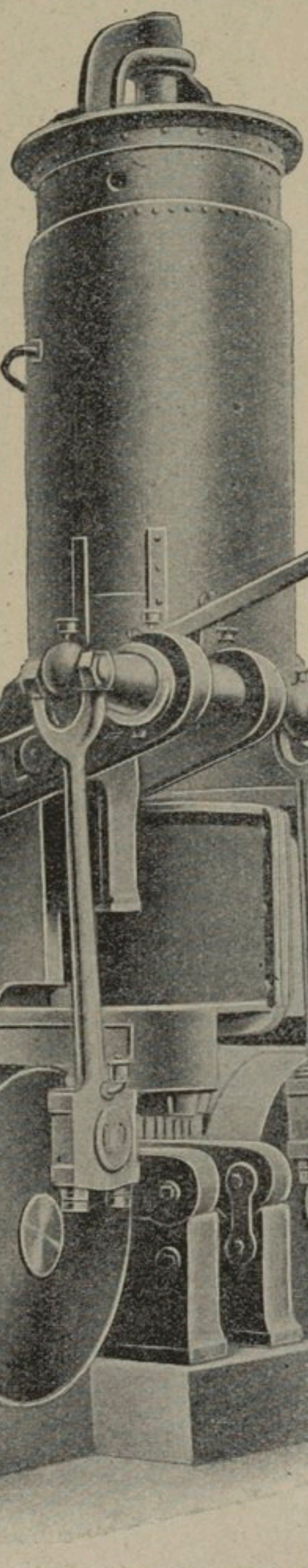
homogènes, compactes, à grain fin et serré, peu hygrométriques et à peu près sans odeur. Toutes ces qualités sont exigées.

L'allumage doit être facile et la flamme vive et claire, la fumée grise et légère, sans production de machefers susceptibles d'obstruer les grilles des foyers de chaudières.

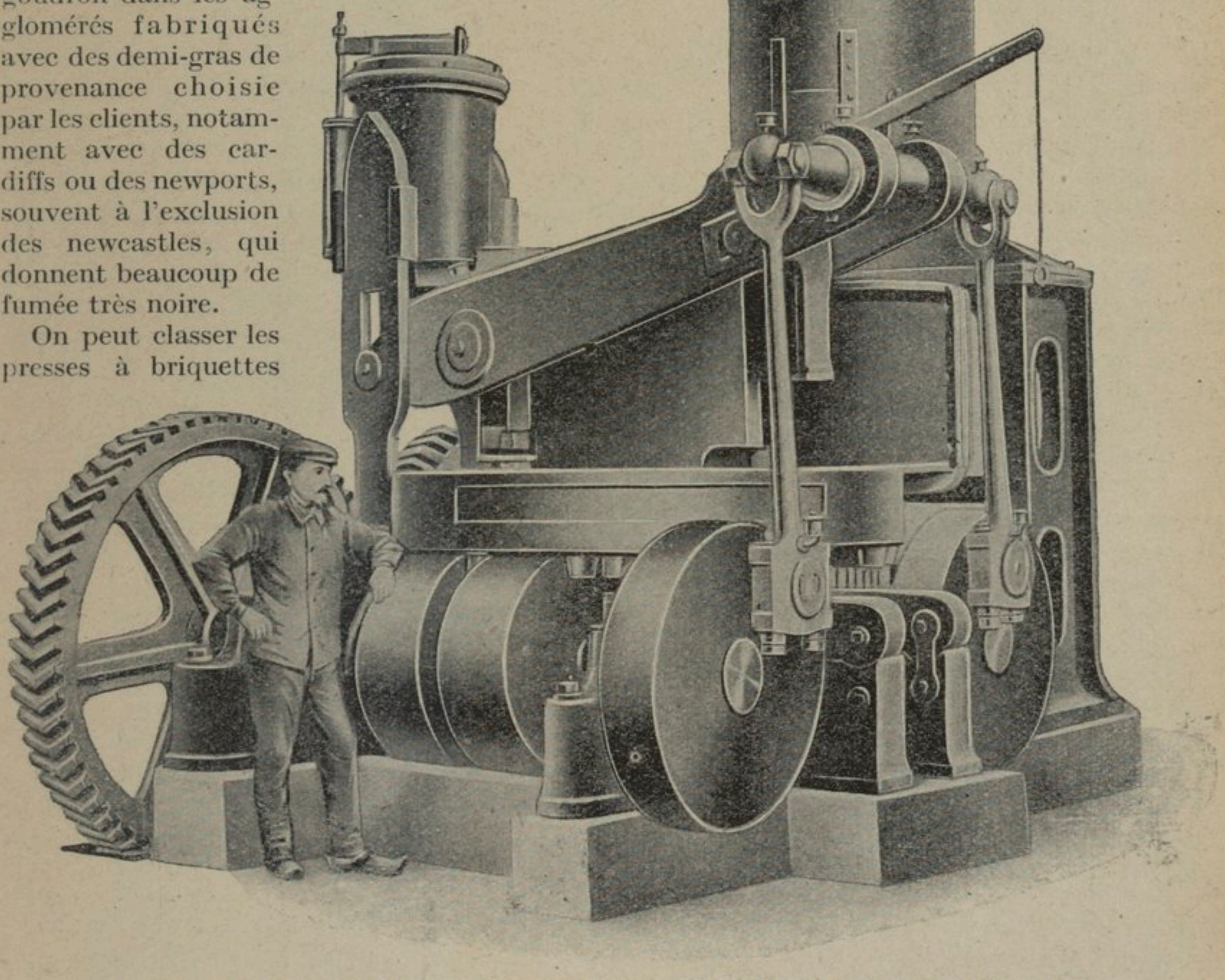
Mises en tas et exposées aux intempéries sur des quais, les briquettes ne doivent ni se déliter ni s'écraser, car leur poussier n'est pas accepté par les acheteurs qui se réservent même le droit de refuser une cargaison. si la quantité de petits morceaux et de menu constatée à l'arrivée dépasse 5 % et fait craindre une friabilité trop grande.

En général, on exige que les fabricants introduisent de 8 à 10 % de brai sec ou de goudron dans les agglomérés fabriqués avec des demi-gras de provenance choisie par les clients, notamment avec des cardiffs ou des newports, souvent à l'exclusion des newcastles, qui donnent beaucoup de fumée très noire.

On peut classer les presses à briquettes en diverses catégories, suivant que l'on considère, soit les presses tangentielles, soit les appareils à moules fermés ou à moules ouverts. Enfin, il existe des matériels spéciaux produisant les briquettes perforées et les boulets ovoïdes. La pression du piston compresseur dans les moules peut être obtenue au moyen de la vapeur ou par l'eau comprimée. Enfin, l'effort peut s'exercer sur les briquettes d'un côté seulement ou des deux côtés, soit dans le sens perpendiculaire, soit dans le sens horizontal.



Cette machine, très robuste, donne une compression énergique sur les deux faces de la briquette.



PRESSE A AGGLOMÉRER A DOUBLE COMPRESSION SYSTÈME COUFFINHAL

D'après cette classification, on comprend qu'il existe un grand nombre de systèmes de presses dont les plus connus sont les suivantes : Mazeline, Stevens, Middleton, Biétrix, Dupuy et fils, Couffinhal, Revollier, Roux-Veillon, Evrard, Bourriez, Fouquemberg, Robert, Zimmermann-Hanrez, etc.

Parmi les presses à moules fermés, fonctionnant par estampage, l'une des plus employées est la machine Couffinhal, qui est du type à pression de vapeur indirecte s'exerçant des deux côtés de la briquette, dans le sens perpendiculaire.

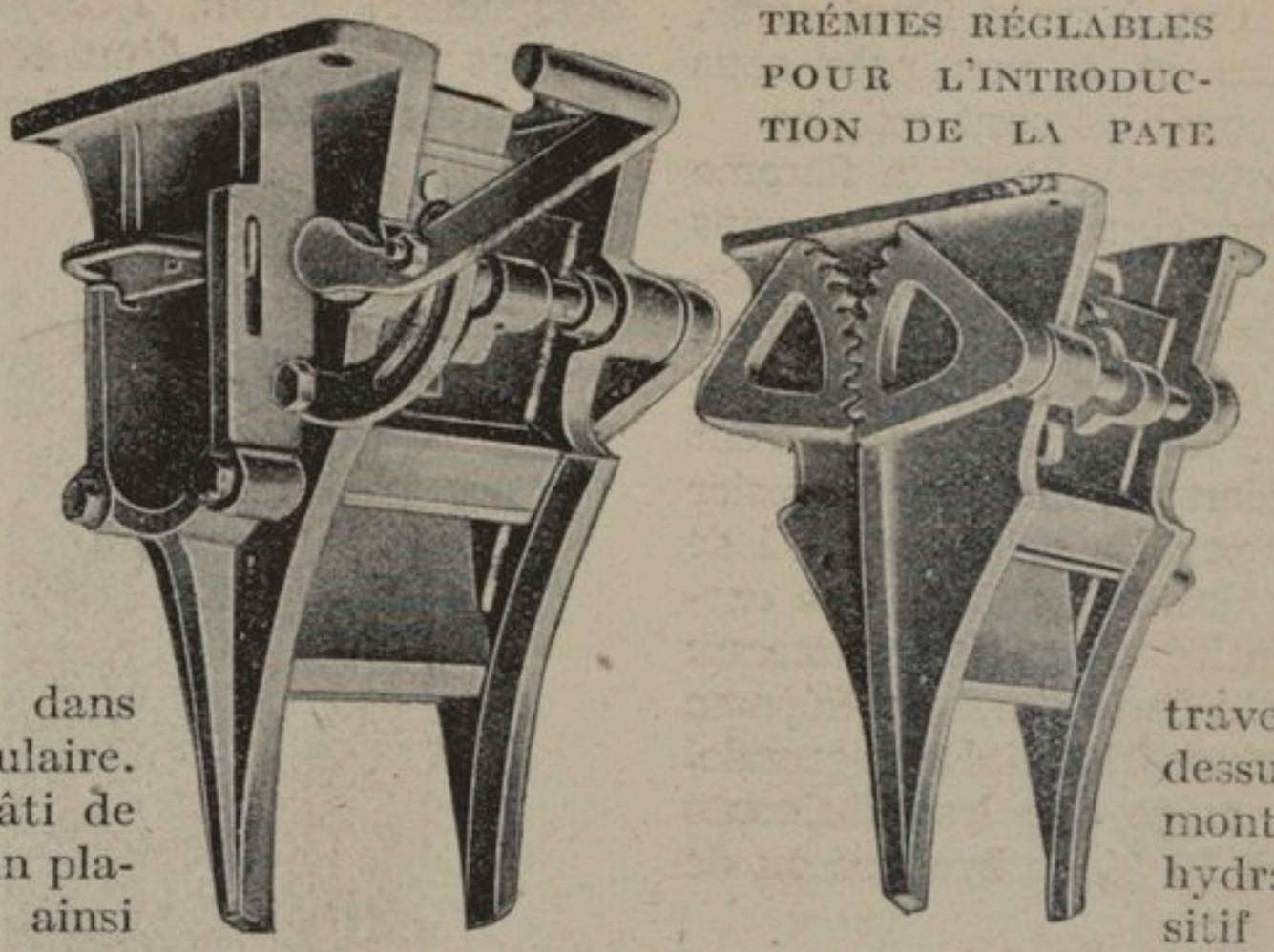
Son robuste bâti de fonte supporte un plateau à alvéoles, ainsi que les pistons mouleur et démouleur ; un guide central dirige dans leurs déplacements respectifs les pistons et le plateau qui supporte les moules.

Le mouvement est transmis à la presse par un arbre horizontal, qui commande, au moyen d'un pignon, une paire d'engrenages clavetés à l'extrémité de deux arbres disposés symétriquement par rapport à l'axe du plateau. Ces arbres portent à leurs extrémités opposées des disques manivelles actionnant, par l'intermédiaire de bielles, une forte traverse appelée joug.

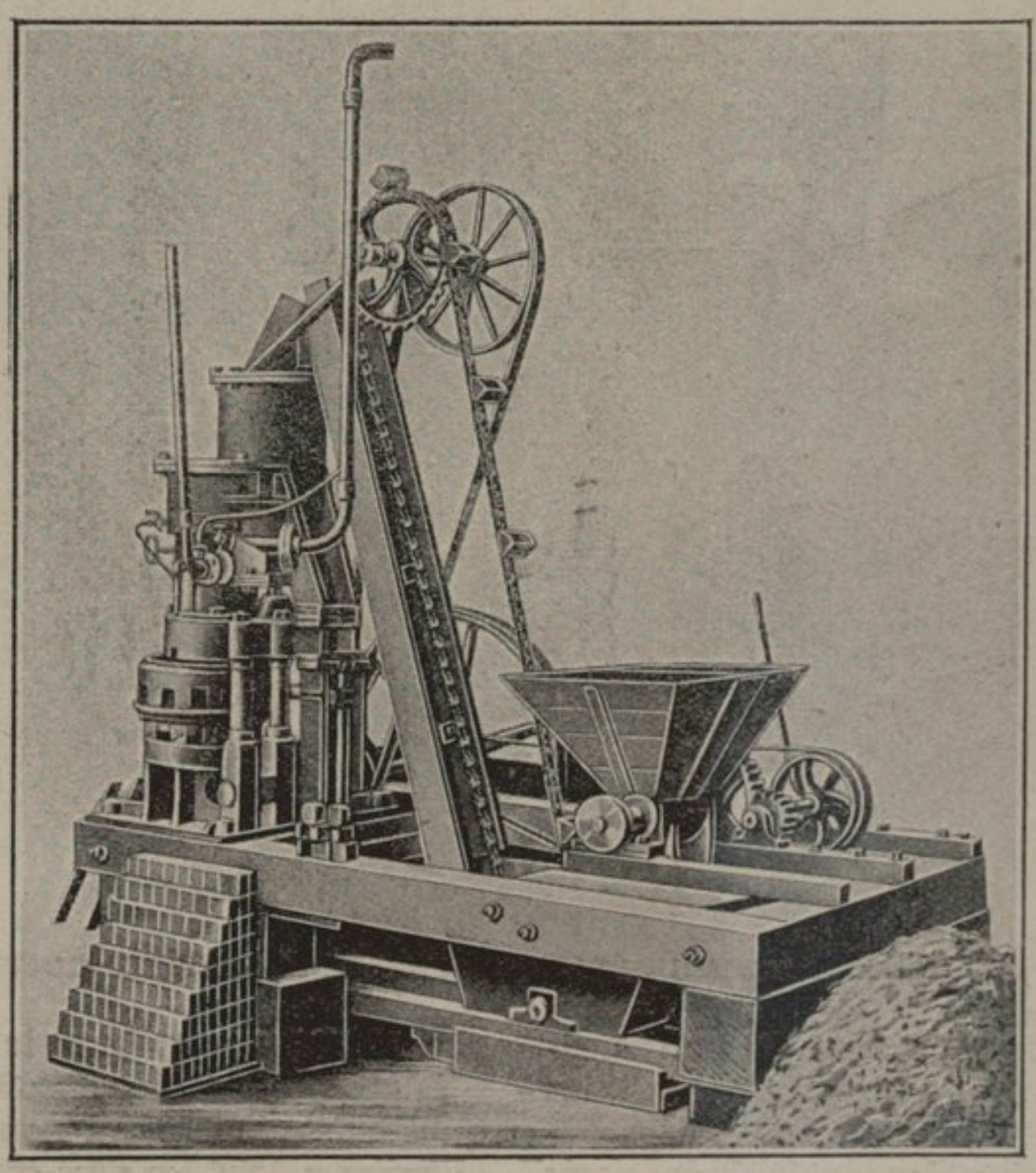
La traverse est montée sur deux balanciers placés au-dessus du plateau à alvéoles et qui portent le piston mouleur supérieur, ainsi que le piston démouleur. Le piston mouleur inférieur est fixé à deux autres balanciers disposés sous le plateau. Ces deux derniers organes, qui peuvent tourner autour d'un axe situé à l'avant du bâti, sont reliés au balancier supérieur par deux traverses d'acier au-dessus desquelles est monté un régulateur hydraulique. Ce dispositif se compose d'un piston mobile, à l'intérieur d'un cylindre muni de deux soupapes servant l'une à l'aspiration et l'autre au refoulement. Cette dernière est surmontée d'un ressort à tension variable que l'on peut régler convenablement suivant la pression que l'on désire obtenir sur les briquettes. On remplace quelquefois le modérateur hydraulique par un puissant ressort d'acier.

Le plateau à moules reçoit son mouvement de rotation d'une came montée sur un des arbres moteurs. Des galets fixés au plateau s'engagent dans les rainures de cette came qui présente une forme particulière ayant pour but de provoquer le déplacement du plateau avec une vitesse nulle au début et croissant d'une manière uniforme,

TRÉMIES RÉGLABLES POUR L'INTRODUCTION DE LA PATE



Le débit de ces trémies peut être réglé en marche ; elles permettent de faire varier, instantanément, la quantité de pâte amenée aux tourteaux mouleurs.



PRESSE A BRIQUETTES PORTATIVE

L'emploi de cette machine, alimentée par des norias, rend possible l'utilisation des déchets et des balayures qui encombrent et salissent la plupart des chantiers de combustible.

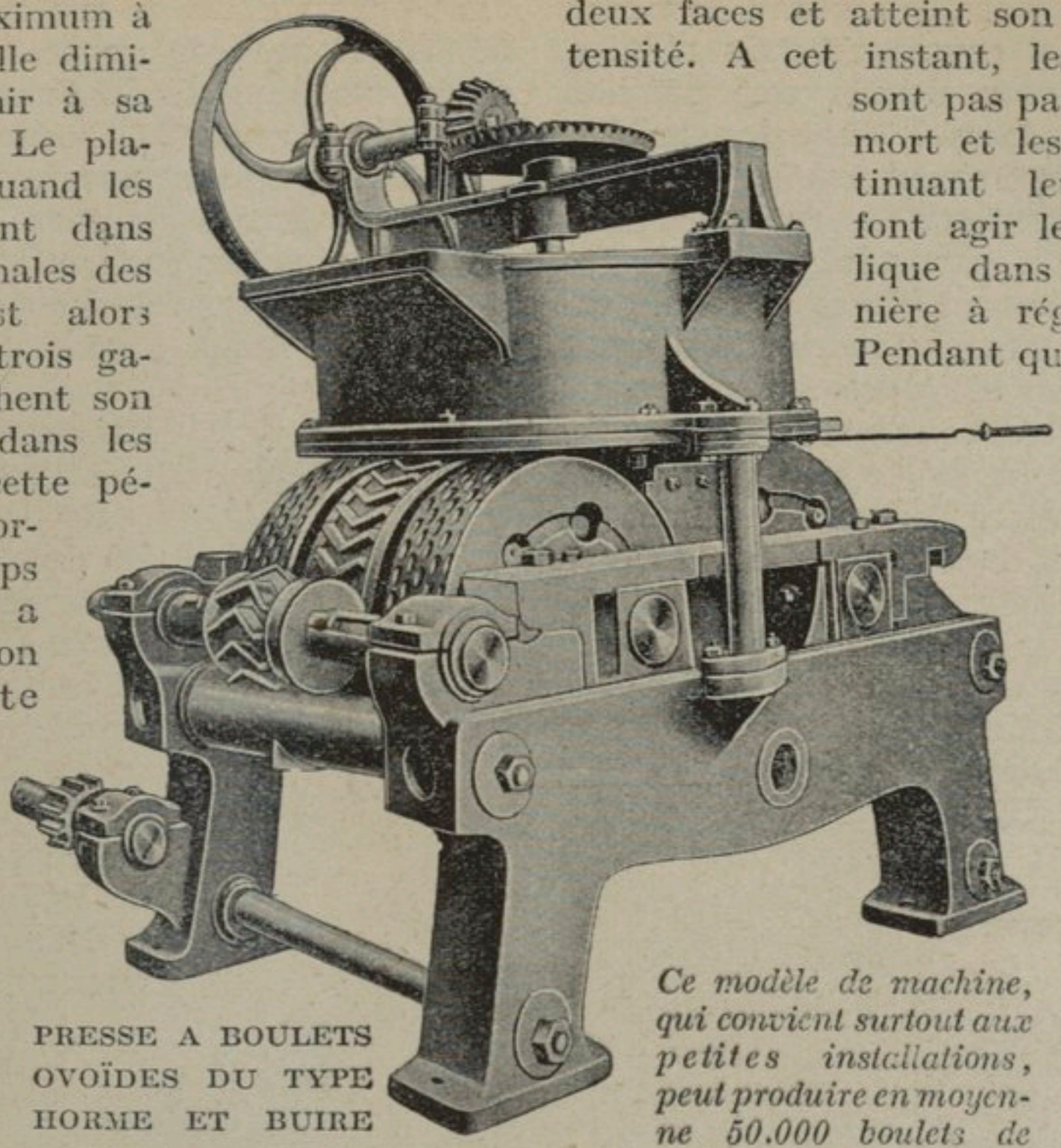
jusqu'à un maximum à partir duquel elle diminue pour revenir à sa valeur initiale. Le plateau s'arrête quand les galets s'engagent dans les parties normales des rainures. Il est alors maintenu par trois galets qui empêchent son mouvement dans les deux sens et cette période de repos correspond au temps pendant lequel a lieu la compression de la briquette d'un côté et son démoulage, de l'autre côté.

La face supérieure de l'aggloméré est d'abord comprimée plus fortement que la face inférieure, par suite de la résistance qu'opposent les parois des alvéoles à l'avancement du piston mouleur. Quand la pression nécessaire est atteinte, le piston supérieur s'arrête et sert de point fixe ; le piston inférieur entre alors à son tour en action jusqu'au moment où la pression devient égale sur les deux faces et atteint son maximum d'intensité. A cet instant, les manivelles ne sont pas parvenues au point mort et les balanciers, continuant leur mouvement, font agir le piston hydraulique dans le pot, de manière à régler la pression. Pendant que la compression s'effectue, le piston démouleur, fixé aux balanciers supérieurs, fait tomber la briquette.

La pâte est amenée à l'état de mélange parfait dans le distributeur qui remplit les alvéoles du plateau à mesure qu'elles viennent se présenter successivement sous la raclette. La compression exercée sur les pistons atteint généralement 250 à 300 kilos par centimètre carré.

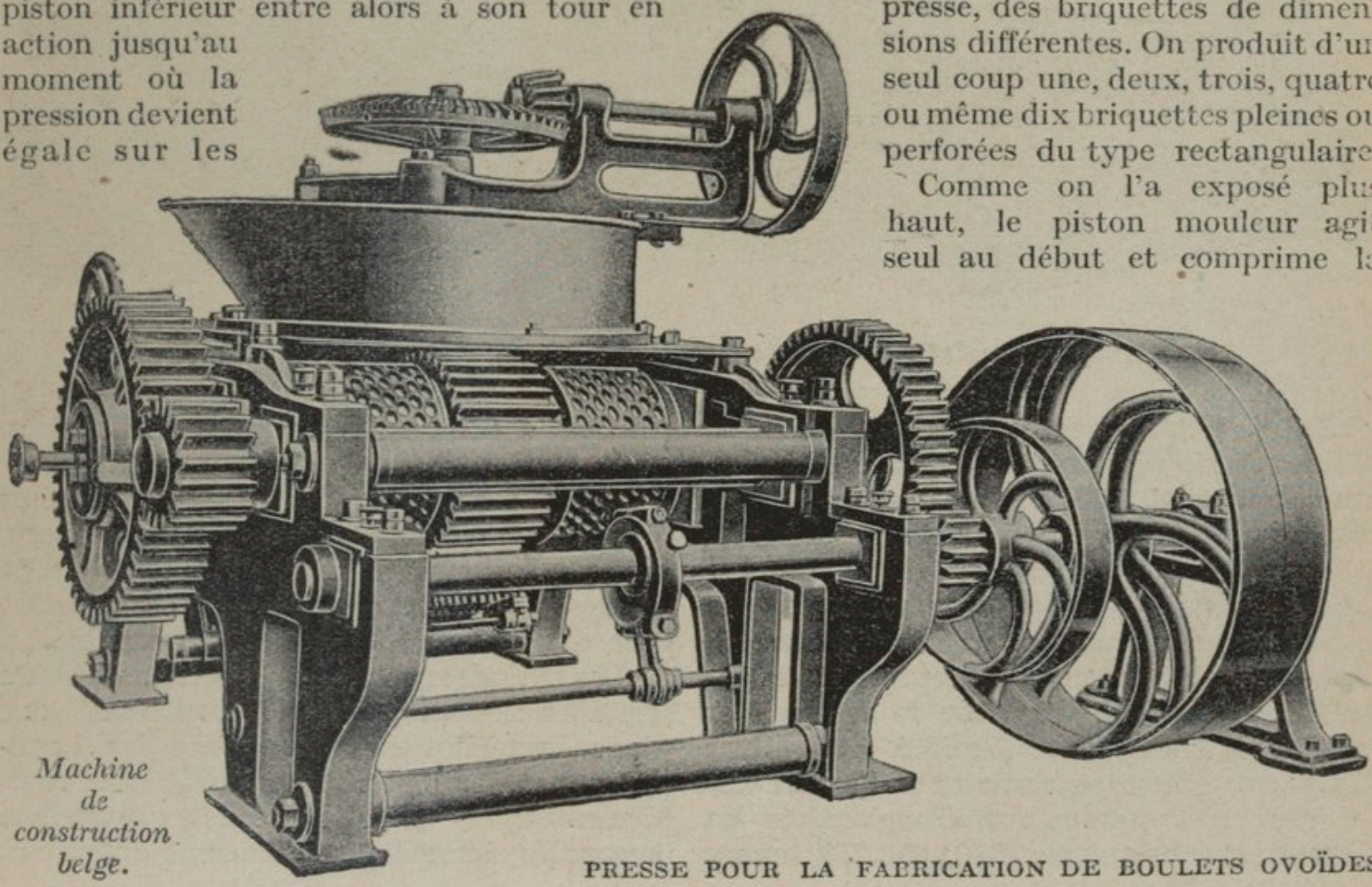
En changeant le plateau à alvéoles et les pistons, on peut obtenir, avec la même presse, des briquettes de dimensions différentes. On produit d'un seul coup une, deux, trois, quatre ou même dix briquettes pleines ou perforées du type rectangulaire.

Comme on l'a exposé plus haut, le piston mouleur agit seul au début et comprime la



PRESSE A BOULETS OVOÏDES DU TYPE HORME ET BUIRE

Ce modèle de machine, qui convient surtout aux petites installations, peut produire en moyenne 50.000 boulets de 100 grammes par heure de marche. Les deux tourteaux mouleurs ont 660 mm. de diamètre, c'est-à-dire la moitié du diamètre de ceux des presses à grande pression.



Machine de construction belge.

PRESSE POUR LA FABRICATION DE BOULETS OVOÏDES

briquette vers le bas des alvéoles, le piston inférieur, dont la course est très réduite, n'agissant que pour donner une pression égale sur les deux faces. L'usure des alvéoles, produite par le frottement des fragments de charbon, a lieu sur toute la hauteur et principalement vers la partie inférieure ; cette usure peut augmenter légèrement les dimensions des agglomérés sans nuire aucunement à la facilité du démoulage de ces derniers.

Si, au contraire, les pistons agissaient simultanément, la briquette serait formée au milieu du plateau ; l'usure se ferait alors uniquement dans cette région médiane et il en résulterait des difficultés de démoulage qui se traduiraient par une augmentation des déchets.

La vitesse de marche de la machine Couffinhal à double compression est de 25 à 28 coups de piston par minute ; le grand modèle, pesant 30.000 kilos, absorbe 30 chevaux pour produire par heure environ 15 tonnes de briquettes de 9 kilos. Un atelier complet desservi par une presse de ce type est actionné par un moteur de 100 chevaux.

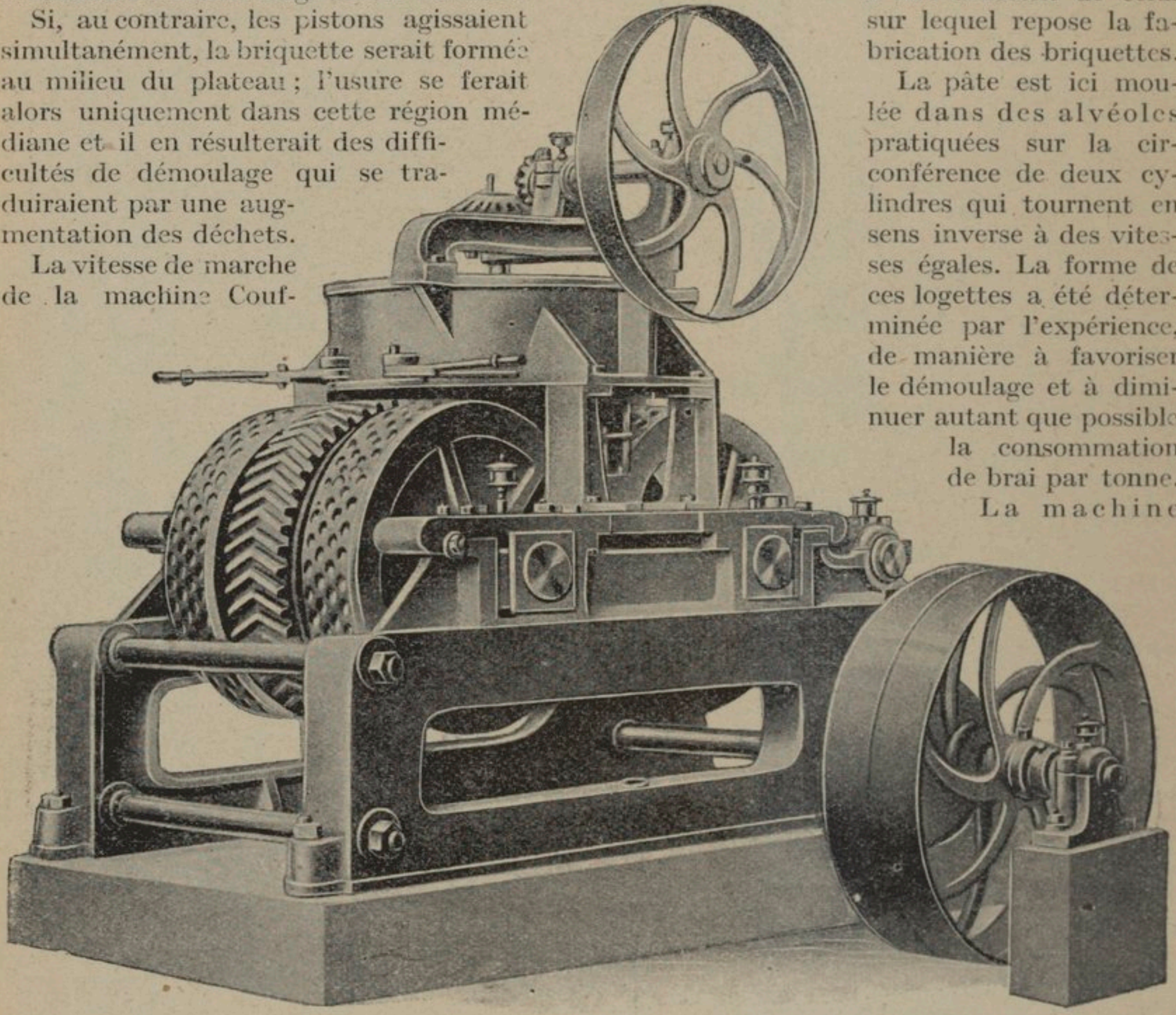
La production annuelle des presses à agglomérer varie d'ailleurs avec la nature des charbons traités. La Société des Mines d'Aniche, qui est, comme nous l'avons dit, le plus fort producteur d'agglomérés en France, a fabriqué en 1913, 610.259 tonnes avec onze presses en marche, soit plus de 55.000 tonnes par appareil, alors que les douze machines de la Compagnie d'Anzin n'ont fourni que 483.860 tonnes. En moyenne on peut compter sur une production annuelle de 50.000 tonnes en marche normale par appareil pour les installations modernes.

Le fonctionnement des presses à boulets ovoïdes est établi d'après un principe tout à fait différent de celui sur lequel repose la fabrication des briquettes.

La pâte est ici moulée dans des alvéoles pratiquées sur la circonférence de deux cylindres qui tournent en sens inverse à des vitesses égales. La forme de ces logettes a été déterminée par l'expérience, de manière à favoriser le démoulage et à diminuer autant que possible la consommation de brai par tonne.

La machine comporte deux bâtis de fonte très rigides, portant les divers paliers. Les bâtis, reliés entre eux par de fortes entretoises d'acier, supportent, à leur partie supérieure, un distributeur à palettes qui amène la pâte entre les cylindres à alvéoles de cette presse par des canaux de section convenable.

Les cylindres sont des tambours de fonte cerclés extérieurement de frettes d'acier dur dans lesquelles sont pratiqués les demi-moules et qui peuvent être remplacés rapidement après usure. Les quatre cylindres, accouplés deux à deux, laissent entre eux



MACHINE GALLAND PRODUISANT DES BOULETS DE 45 A 150 GRAMMES

l'intervalle nécessaire pour loger les engrenages de commande. Cette disposition permet de répartir également les efforts sur les arbres de la presse. La rotation des cylindres s'effectue par l'intermédiaire de deux trains d'engrenage ; les paliers des arbres des cylindres étant à rattrapage de jeu, on peut ainsi maintenir les rouleaux à l'écartement convenable et compenser jusqu'à un certain point l'usure des cylindres. Le débit horaire de ces presses varie de 3.000 à 5.000 kilogrammes d'agglomérés pesant de 50 à 175 grammes.

La fabrication des boulets ovoïdes présente la plus grande analogie avec celle des briquettes ; sauf que les presses diffèrent de système, les appareils de broyage, de réchauffage et de mélange sont identiques dans les deux cas. D'ailleurs, la plupart des ateliers d'agglomération ayant quelque importance sont pourvus des deux types de machines et peuvent produire simultanément, ou alternativement, des briquettes et des boulets.

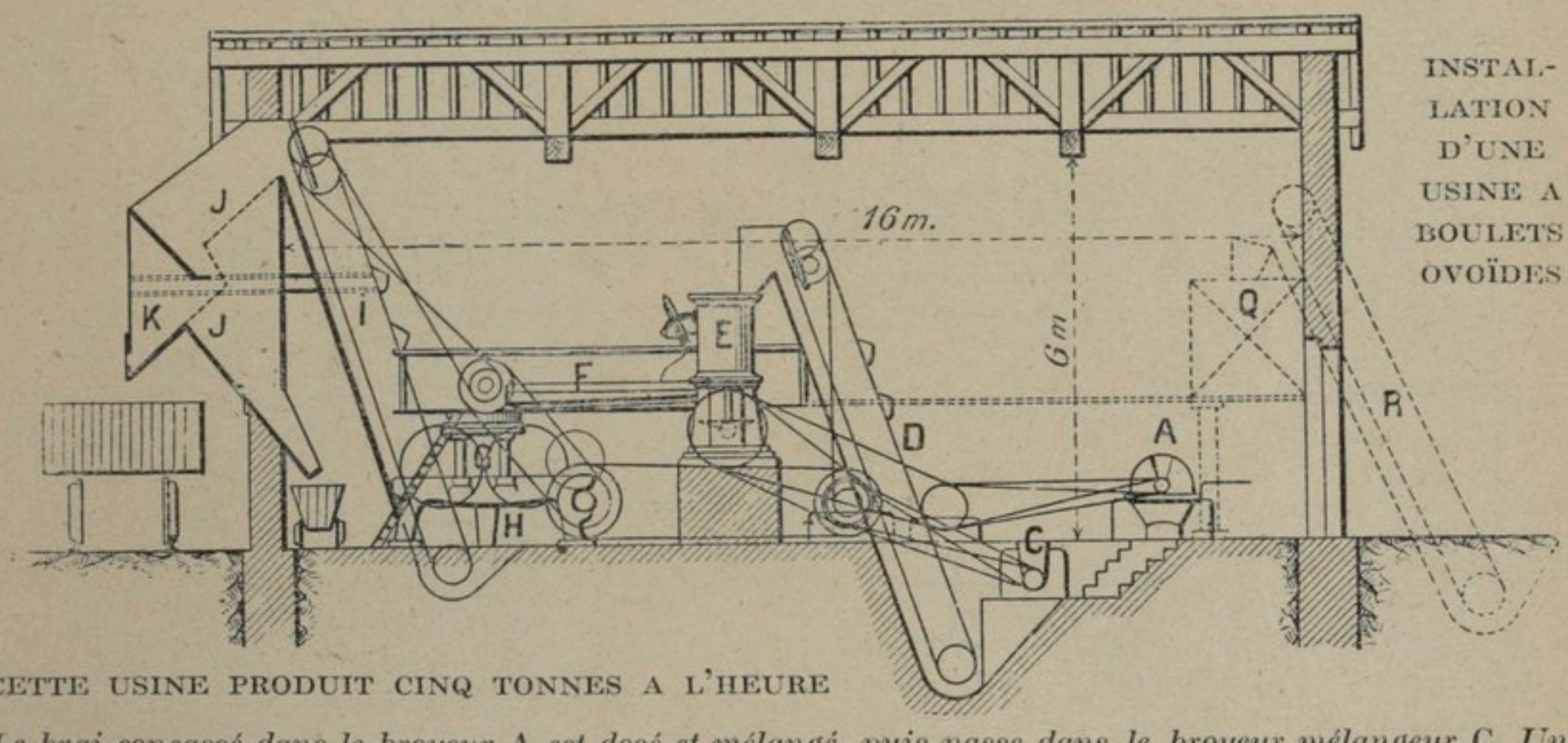
Cette dernière fabrication exige cependant des précautions spéciales en ce qui concerne la préparation de la pâte. Le mélange étant soumis à une compression de faible durée, il est indispensable qu'il ne contienne pas plus de 3 % d'eau, et sa température, qui doit atteindre 80° C. pour obtenir une bonne fusion du brai, sera ensuite ramenée à environ 50° C., lors de l'arrivée dans la presse. Pour atteindre ce but, on dispose entre le malaxeur et le distributeur de la presse une vis transporteuse dont la longueur est calculée de manière à permettre au mélange de se refroidir pendant son parcours dans l'appareil. (Voir la figure schématique ci-dessous).

On a fait de nombreux essais en vue de remplacer le brai par la naphtaline ou par d'autres matières agglomérantes, mais ces tentatives n'ont pas donné de résultats réellement pratiques et l'on a dû y renoncer.

Les agglomérés doivent refroidir au sortir des presses, avant d'être embarqués dans les wagons ou dans les cales des navires. On leur fait subir divers essais qui consistent à constater le poids de cendres qu'ils donnent en brûlant et qui ne doit pas dépasser en moyenne 6 %. On peut aussi doser les quantités d'eau et de matières volatiles contenues dans les briquettes dont le poids spécifique doit être supérieur à 1,2. Le principal essai auquel est subordonnée l'acceptation des agglomérés, quelle que soit leur forme, par le client est celui qui a pour but de mesurer leur degré de cohésion.

La résistance des briquettes et des boulets dépend de la puissance et de la durée de la compression ainsi que de la nature des menus traités; elle dépend également de la qualité et de la quantité du brai employé et enfin de la teneur en eau de la pâte.

On mesure la cohésion à l'aide d'un cylindre de tôle à axe horizontal ayant 90 centimètres de diamètre et un mètre de longueur. Ce tambour porte à l'intérieur trois cloisons diamétrales équidistantes, faisant une saillie de 20 centimètres. Fermé à ses deux extré-



INSTALLATION D'UNE USINE A BOULETS OVOÏDES

CETTE USINE PRODUIT CINQ TONNES A L'HEURE

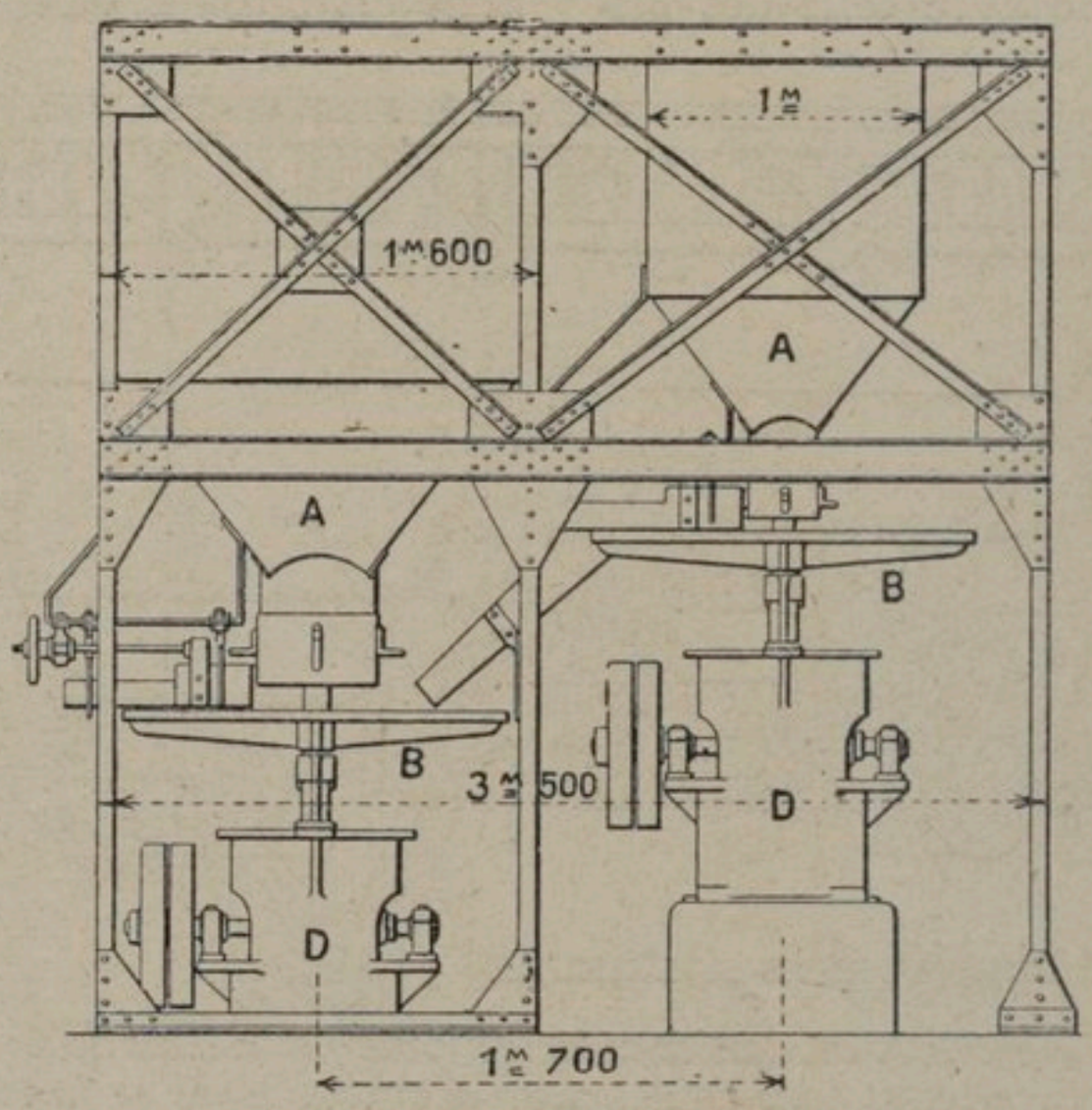
Le brai concassé dans le broyeur A *est dosé et mélangé, puis passe dans le broyeur mélangeur* C. *Une chaîne à godets* D *monte le mélange dans le malaxeur à vapeur* E *où se forme la pâte. Cette pâte est ensuite emmenée par la vis transporteuse* F *jusqu'à la presse à boulets avec distributeur* G. *Les agglomérés ovoïdes sont conduits le long du couloir* H *jusqu'à la chaîne élévatoire* I *qui les déverse sur les grilles* J *et dans la trémie* K, *d'où ils tombent dans le wagon. La chaîne* R *monte le charbon au jour sécheur* Q.

mités, il est muni dans sa longueur d'une porte à coulisse destinée à l'introduction de la matière qu'il s'agit de vérifier.

Pour effectuer un essai, on introduit 50 kilos d'agglomérés divisés en cent morceaux de 500 grammes chacun ayant, autant que possible, une forme cubique. On ferme le cylindre et, après l'avoir fait tourner pendant deux minutes à la vitesse de 25 tours, on recueille le produit que l'on crible sur une tôle perforée de trous de trois centimètres de diamètre. Le rapport du poids des fragments qui restent sur le crible, au poids initial exprime le degré de cohésion de la briquette essayée.

Il faut que les morceaux restant sur la grille après l'essai pèsent au moins 25 kilos, c'est-à-dire que le degré de cohésion définitif atteigne au minimum 50 %.

L'installation d'une usine à agglomérer comprend, en plus des presses, tout l'outillage nécessaire à la préparation de la matière. La nature et le nombre de ces appareils dépendent de la qualité et du tonnage des combustibles traités ; en général, ils comprennent des broyeurs, des doseurs, des sécheurs et des cylindres mélangeurs.



DOSEUR-MÉLANGEUR DE CHARBON ET DE BRAI

Le charbon tombe à droite d'une trémie A *sur un plateau* B *muni d'une raclette. Le brai est traité de la même manière dans la partie gauche de l'installation.* D *sont des mélangeurs.*

Le broyage du charbon est indispensable pour réduire les particules trop grosses à une dimension convenable, mais il ne faut pas pousser cette opération trop loin car on obtiendrait des briquettes très résistantes, et la consommation de brai deviendrait très onéreuse. Les charbons tendres doivent être broyés plus finement que les menus durs, pour qu'ils offrent une résistance suffisante à la compression dans le moule de la presse.

L'opération de la pulvérisation s'effectue généralement au moyen du broyeur Carr qui agit par choc en ne divisant que les morceaux dont il est utile de réduire le volume. Les grains durs ne sont pas affectés par les chocs, tandis que les parcelles friables subissent une diminution de dimensions qui augmente leur résistance à l'écrasement.

On pulvérise le brai au moyen de broyeurs à noix en fonte trempée, qui comportent, comme principaux éléments, un cône cannelé tournant à l'intérieur d'un anneau.

Un volant sert à rapprocher ou à éloigner les deux organes l'un de l'autre, afin de régler avec précision la finesse du produit.

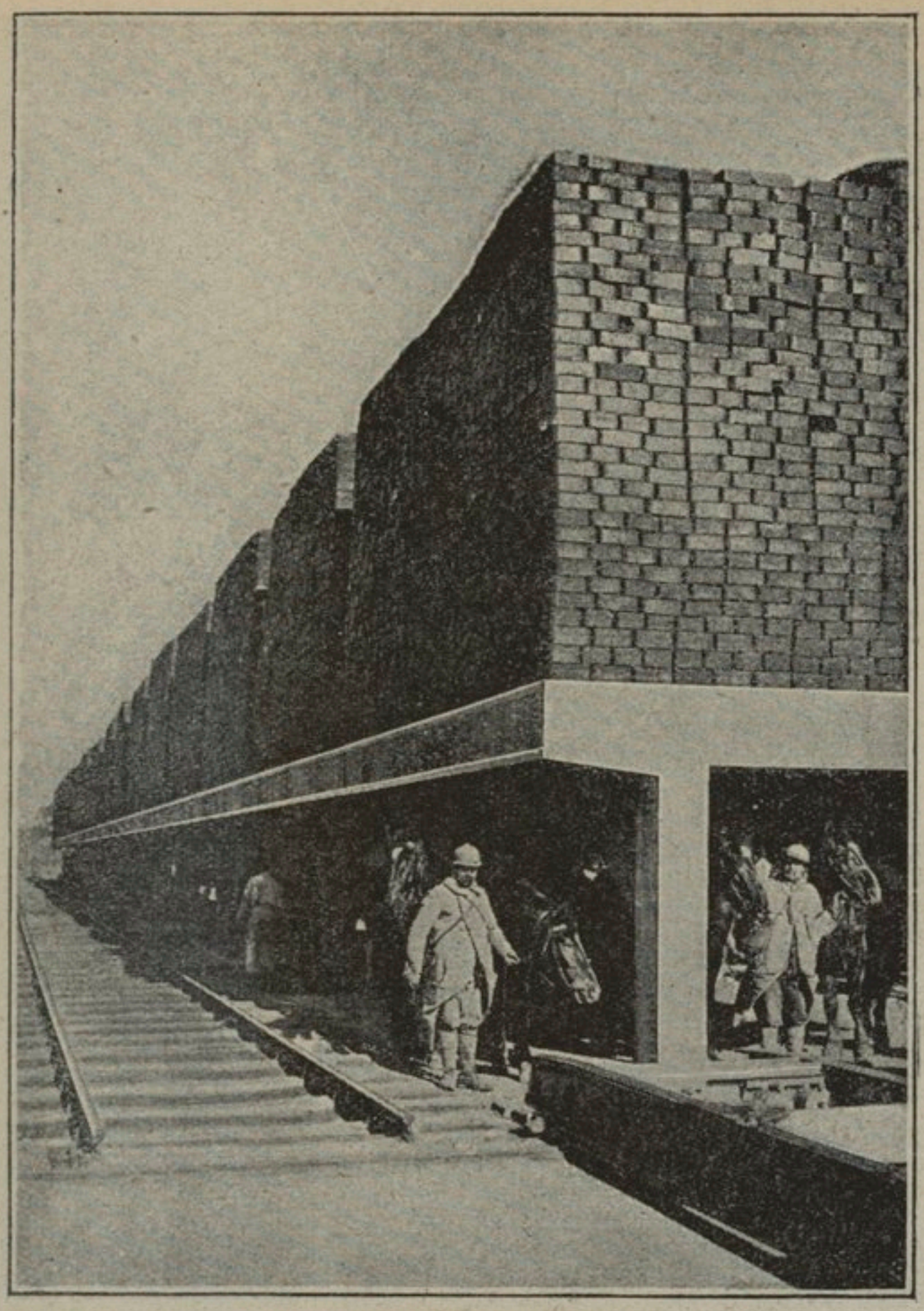
Après avoir dégrossi le brai dans un moulin à noix, on le pulvérise au moyen d'un broyeur Carr où il se mélange intimement au charbon. Ces appareils doivent être placés loin de toute source de chaleur, afin d'éviter le ramollissement du brai pendant l'opération. De même, les stocks de brai seront emmagasinés à l'ombre. On rentre à l'intérieur de l'usine la quantité de matière agglomérante nécessaire à une journée de marche, en ayant soin de l'arroser d'eau froide. Si, malgré ces précautions, on juge que le brai est trop mou, on le raffermit en lui incorporant un tiers de charbon pulvérisé avant de le soumettre au broyage.

Le mélange de brai et de charbon doit être effectué avec le plus grand soin. Un excès de brai donne beaucoup de résistance aux briquettes, mais exagère le prix de revient. Au contraire, une insuffisance de brai fournit des agglomérés de qualité médiocre, qui se désagrègent rapidement en plein air.

On réalise une agglomération satisfaisante en préparant, au moyen de doseurs à sole tournante, des pâtes absolument homogènes, de manière que la proportion de brai soit constante dans toutes les parties de la briquette au sortir des moules.

Pour sécher la pâte, en lui conservant le degré d'humidité nécessaire pour qu'elle reste assez plastique, on la traite dans un four à sole tournante constitué par un plateau de fonte circulaire monté sur un arbre vertical qui tourne à la vitesse de 4 à 5 tours par minute. Le plateau est entouré d'une maçonnerie portant à sa partie supérieure une voûte en forme de calotte sphérique ; au centre de cette voûte est disposé un cylindre de fonte à l'intérieur duquel

se meut un axe muni de palettes. On chauffe le four au moyen d'un foyer latéral, dont les flammes, après avoir léché le charbon, passent au-dessous du plateau et se rendent ensuite dans la cheminée. Six ouvertures sont ménagées autour du four pour introduire des râclettes mobiles servant à brasser la pâte en la poussant du centre vers la circonférence. Le four à sole étant à marche continue, il permet de sécher les charbons avec une dépense de combustible très faible, qui ne dépasse pas 15 à 18 kilos de houille par tonne de menus séchés, contenant environ 10 % d'eau avant leur passage au four.



QUAI A BRIQUETTES DANS LE PORT DE TOULON

Sur des plates-formes en ciment armé soutenues par des piliers, sont emmagasinés d'immenses stocks d'agglomérés destinés à l'approvisionnement des navires de notre flotte. Chaque tas cubique représente un lot de mille tonnes, ce qui facilite la tenue des inventaires.

Pour effectuer le mélange intime du brai et du charbon, en lui assurant une température suffisamment élevée permettant d'obtenir une pâte homogène, on emploie un malaxeur spécial, souvent monté directement sur le bâti de la presse à agglomérer.

Cet appareil peut être constitué par un cylindre vertical de tôle muni d'une enveloppe de vapeur. Le mélange de brai et de charbon pénétrant par la partie supérieure est fortement remué au moyen de bras horizontaux fixés sur un arbre central ; le bras inférieur sert principalement à déverser la pâte dans le distributeur de la presse.

On obtient un chauffage très énergique du mélange en injectant de la vapeur.

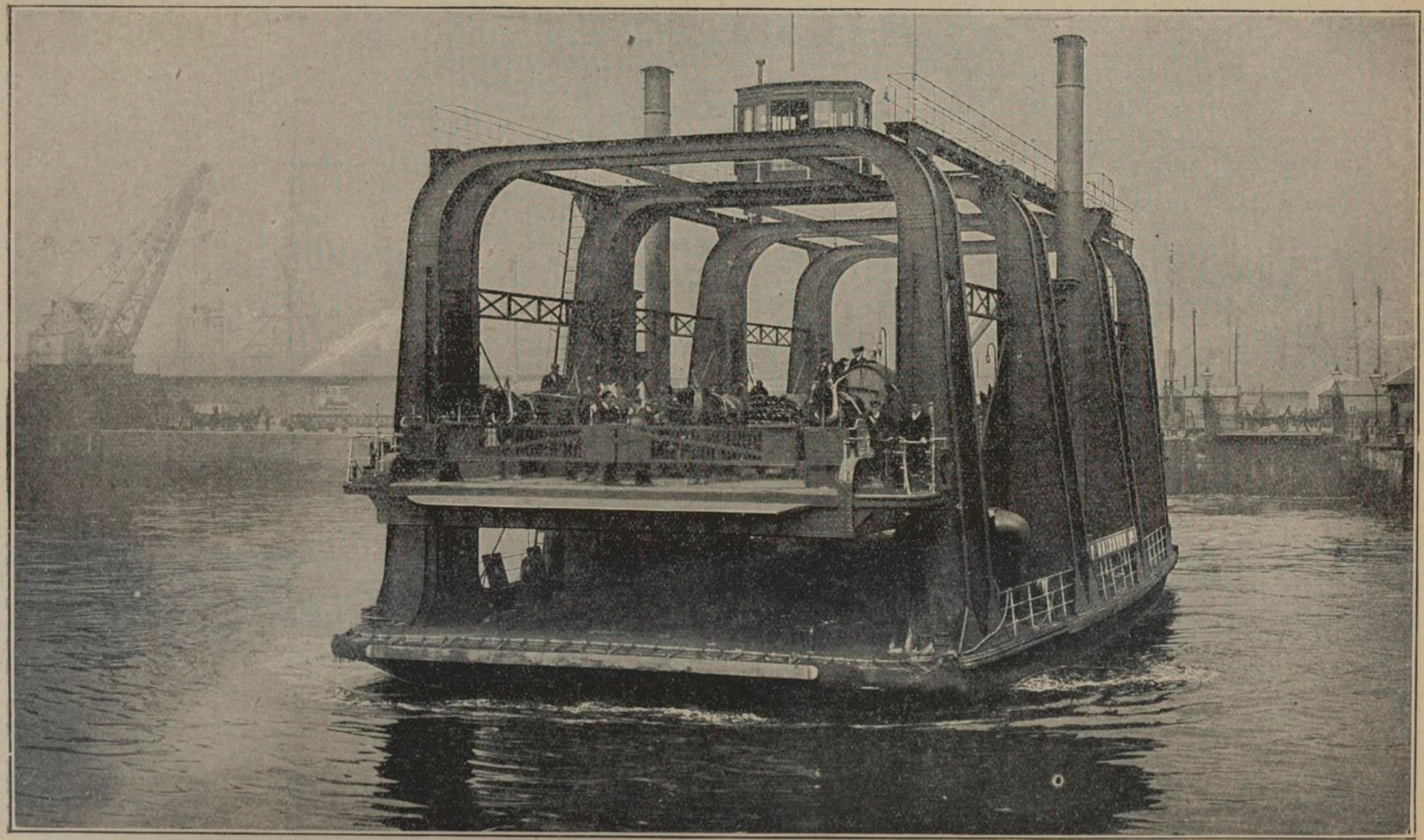
Pour éviter tout inconvénient, on emploie de la vapeur portée à une température de 300° environ à l'aide d'un surchauffeur constitué par un jeu de serpentins chauffés par un foyer spécial et dans lesquels la vapeur destinée au malaxeur circule en sens inverse des gaz. La surface de chauffe de l'appareil est d'environ deux mètres carrés par tonne fabriquée à l'heure, ce qui correspond à une consommation approximative de 50 kilogrammes de vapeur par 1.000 kilogrammes de briquettes.

Le prix de revient de la fabrication des agglomérés dépend essentiellement de quatre éléments : la main-d'œuvre, les frais d'entretien, le prix du brai et celui de la houille.

En admettant un combustible exigeant une proportion de 6 % de brai, on pouvait estimer, avant la guerre, que le prix de l'agglomération d'une tonne de briquettes était d'environ 15 francs, le poussier et les fines employés à la fabrication étant comptés pour 11 francs les 1.000 kilos. La main-d'œuvre figurait pour un franc dans ce prix, dont un autre élément important était constitué par 60 kilos de brai à 40 francs la tonne, qui revenait donc ainsi à 2 fr. 40. Ces prix ont considérablement augmenté, et l'on ne peut guère prévoir ce qu'ils deviendront après la conclusion de la paix, car la main-d'œuvre restera très chère et l'emploi plus étendu des machines ne permettra peut-être pas de diminuer beaucoup l'influence de cette augmentation sur le prix des briquettes.

Charles RAYNOUARD.

BAC A PLATE-FORME MOBILE SUR LA CLYDE, A GLASGOW



Suivant la hauteur de la maree, on monte ou l'on baisse la plate-forme, ce qui permet aux voitures d'embarquer sans aucune difficulté.

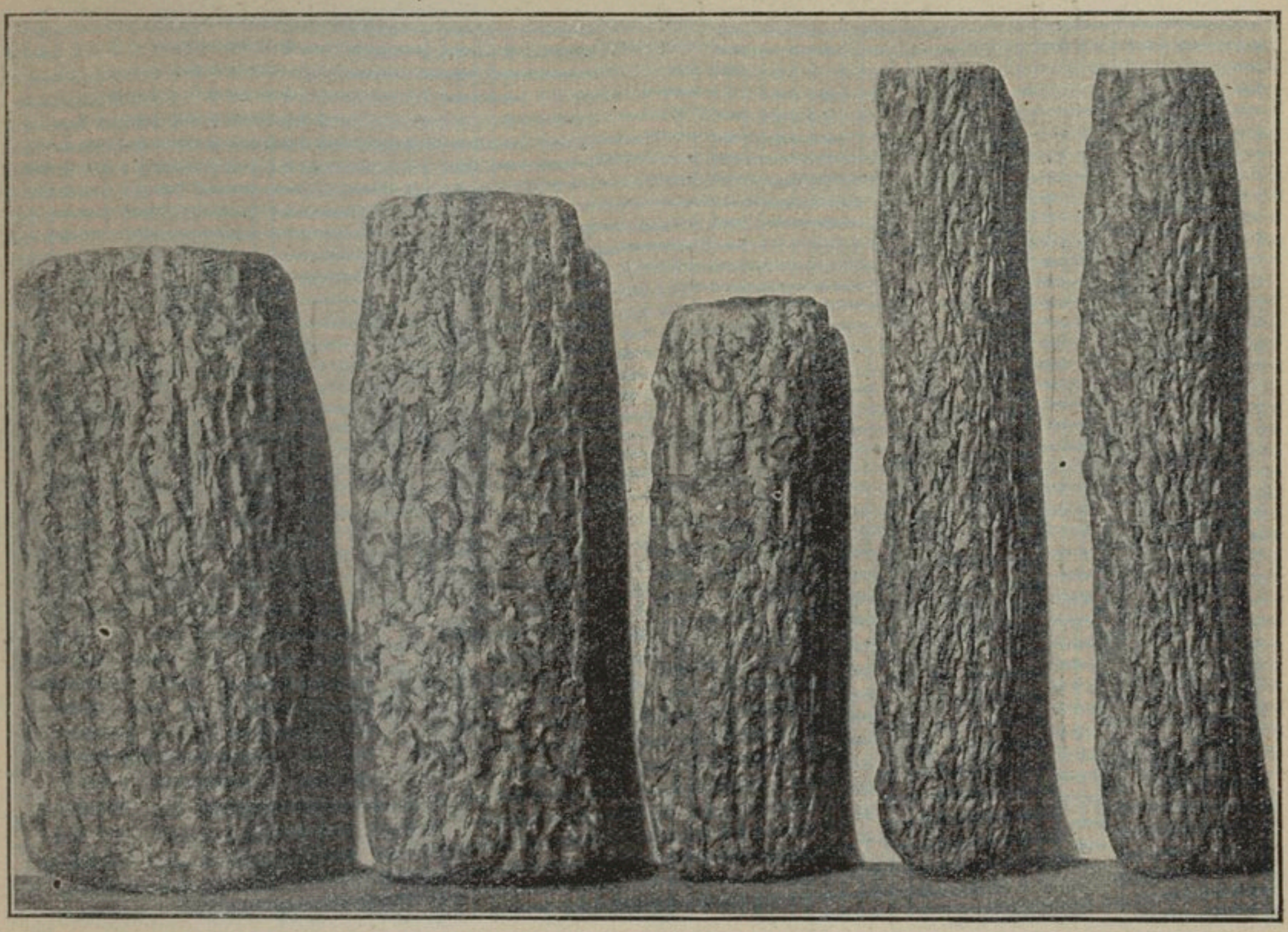
LA RÉFECTION DES GROS CANONS USÉS PAR LE TIR

Par Jacques **HUBERMANN**

ANCIEN CHEF D'ESCADRON D'ARTILLERIE

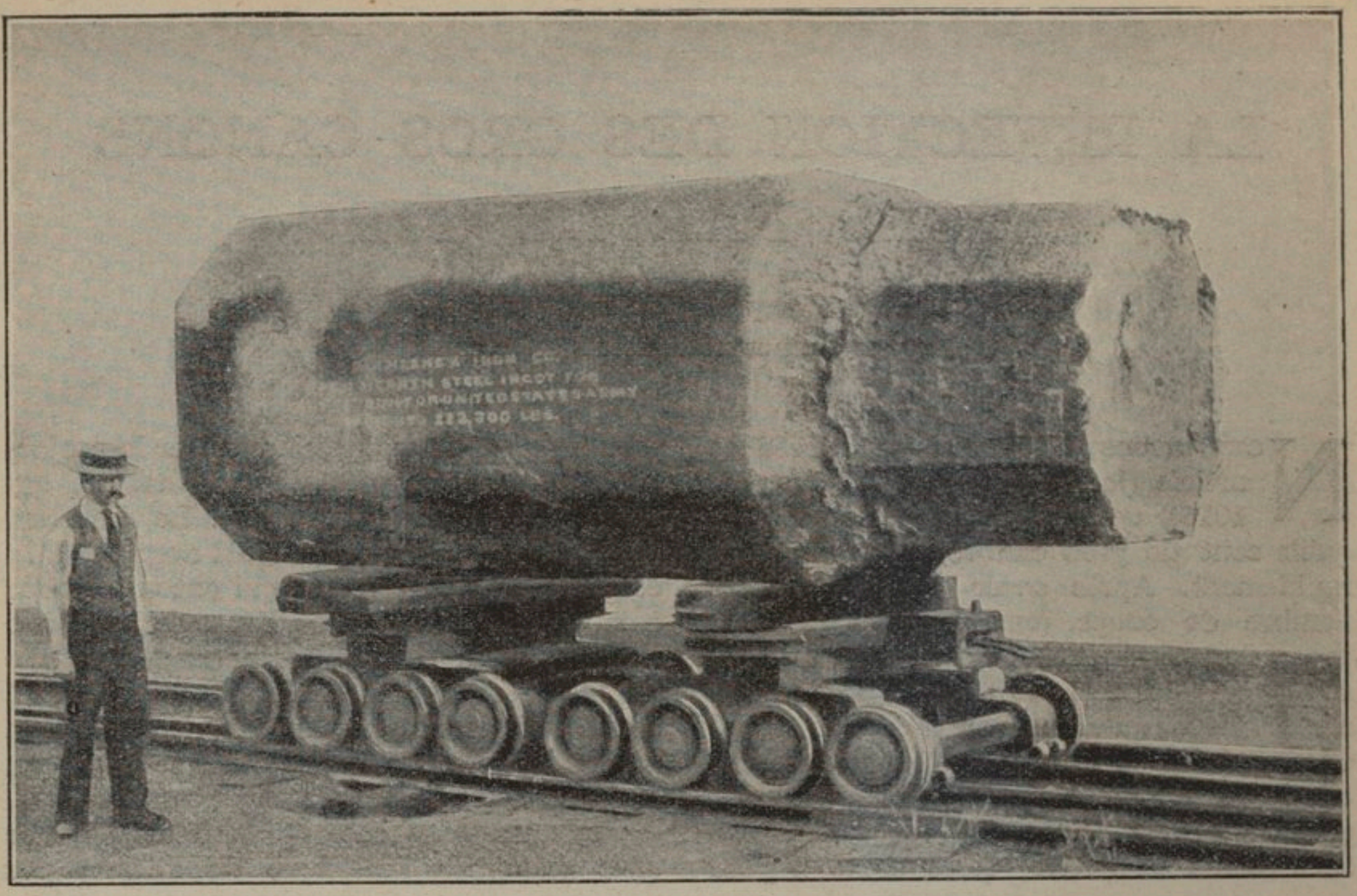
Nous avons dit, dans un précédent article (la *Science et la Vie*, n° 28, 1916), que les canons, surtout lorsqu'ils sont de gros calibre, s'usaient assez rapidement. Après avoir tiré un certain nombre de coups (environ 250 pour le canon de 305 mm, 150 à 200 pour les calibres supérieurs), les rayures perdent le profil à arêtes vives qu'elles avaient à l'état neuf, elles sont émoussées par le passage des ceintures de forcement des projectiles, leur profondeur est diminuée, elles disparaissent même en partie Cette usure a pour premier effet de moins bien guider le projectile, qui ballotte pendant son trajet, aggravant sans cesse les dégâts. Le diamètre intérieur du canon étant ainsi augmenté, la ceinture de cuivre rouge qui entoure l'obus à sa base n'assure plus l'étanchéité d'une manière aussi rigoureuse qu'au début; elle laisse filtrer les gaz de la poudre, et c'est autant de pression perdue, réduisant ainsi la vitesse initiale, réduisant de même la portée, et faisant perdre au tir toute précision.

Cette usure se constate aisément, même sans examiner l'intérieur de l'arme, par



EMPREINTES A LA GUTTA-PERCHA D'AMES DE CANONS DE DIVERS CALIBRES

De gauche à droite : canon anglais de 12 pouces après un tir de 202 coups ; canon de 9,2 pouces après 260 coups; canon de 6 pouces après 1.438 coups; canon de 4 pouces après 1.480 coups ; un autre canon de 4 pouces après 1.551 coups.

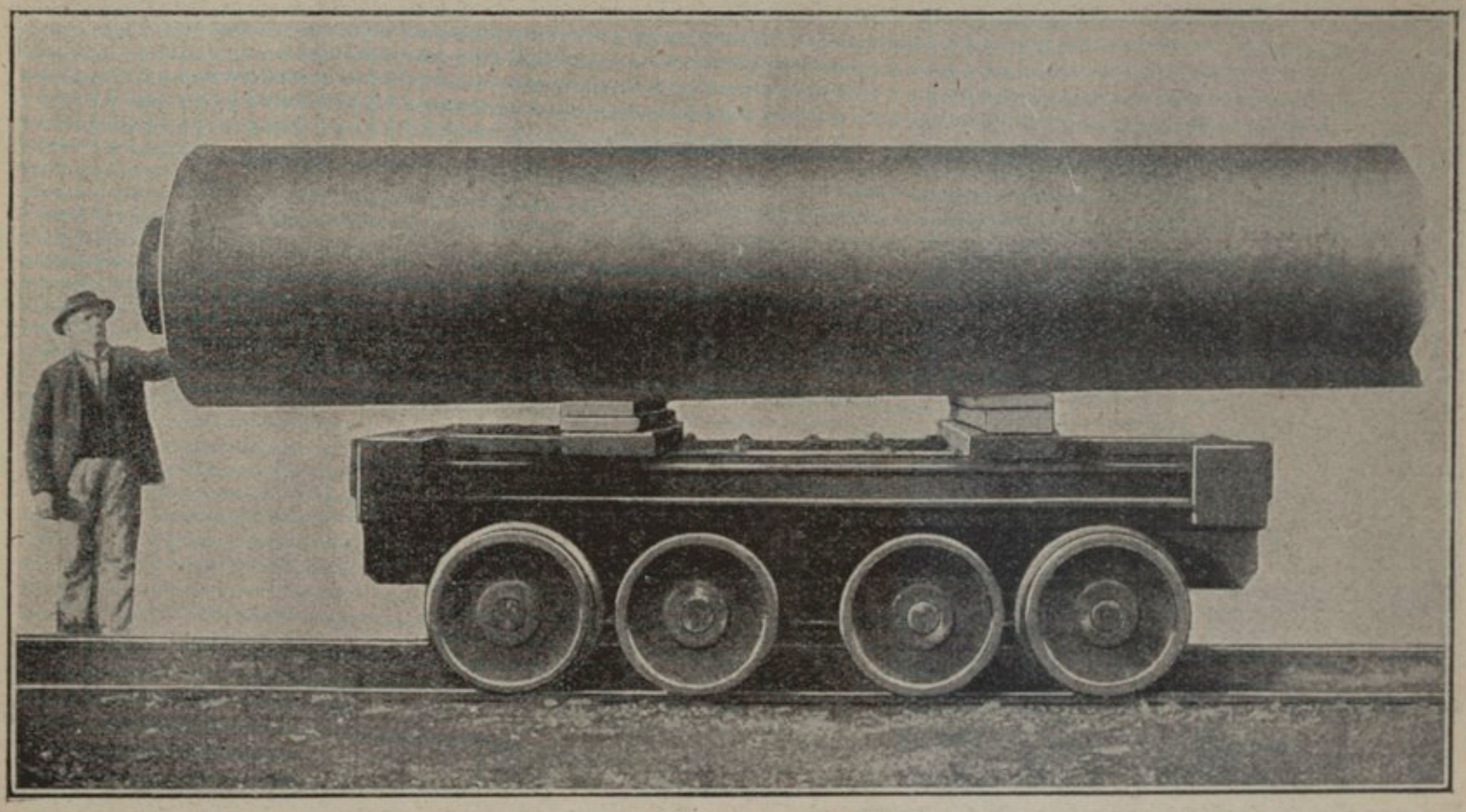


LINGOT D'ACIER AU NICKEL FONDU AUX ACIÉRIES DE BETHLÉHEM (ÉTATS-UNIS)

Ce lingot est destiné à la fabrication du tube d'un canon de 40 cm. 64; il a 5 m. 05 de longueur, 1 m. 88 de diamètre et son poids total est de 100.702 kilogrammes.

l'aspect des ceintures des projectiles tirés. Quand le canon est en bon état, chacune des rayures s'imprime avec une grande netteté dans le métal mou de la ceinture. Au contraire, s'il est usé, les empreintes sont peu profondes, sans relief, et font même, par places, presque entièrement défaut.

Le canon est alors hors de service, mais



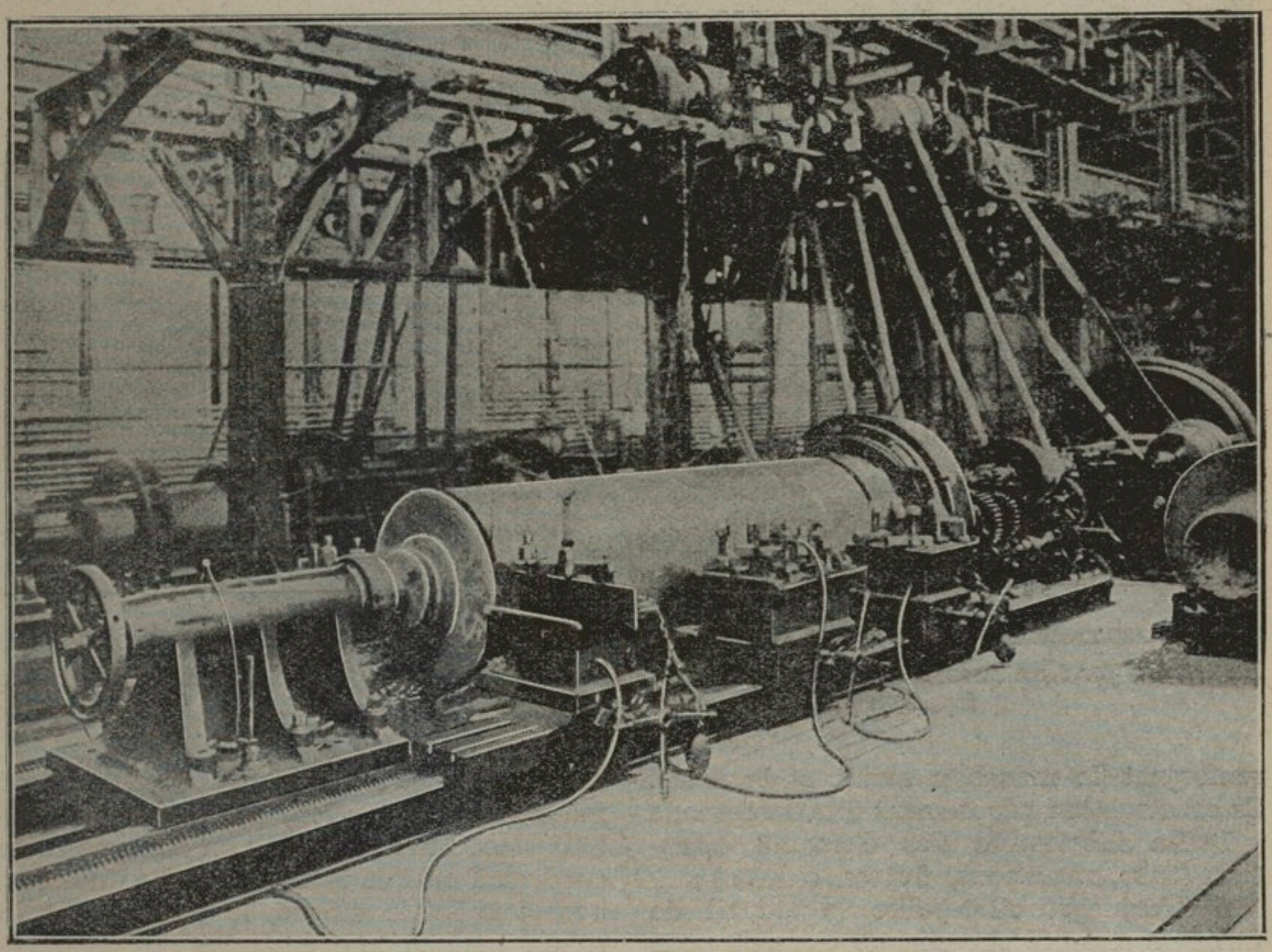
LINGOT COMPRIMÉ A LA PRESSE DE 10.000 TONNES, D'UN POIDS DE 53.071 KILOS

La compression de cette énorme masse a été obtenue alors que l'acier était encore dans un état fluide.

il n'est cependant pas complètement perdu, et il suffira de le réfectionner, c'est-à-dire de le débarrasser de son âme usée et de le munir d'une âme neuve pour qu'il retrouve toutes ses qualités primitives. Il sera tout aussi bon qu'auparavant, car sa solidité, et, par suite, sa sécurité, et aussi sa puissance ne seront pas sensiblement diminuées.

C'est ce qu'on appelle le « retubage ».

Cette réfection, il est vrai, constitue un



TAILLAGE D'UN LINGOT D'ACIER COMPRIMÉ A L'ÉTAT FLUIDE

Après avoir enlevé de sa surface le sable provenant du moule dans lequel il a été fondu, on le met sur un tour puissant et on le coupe en blocs de longueurs voulues.

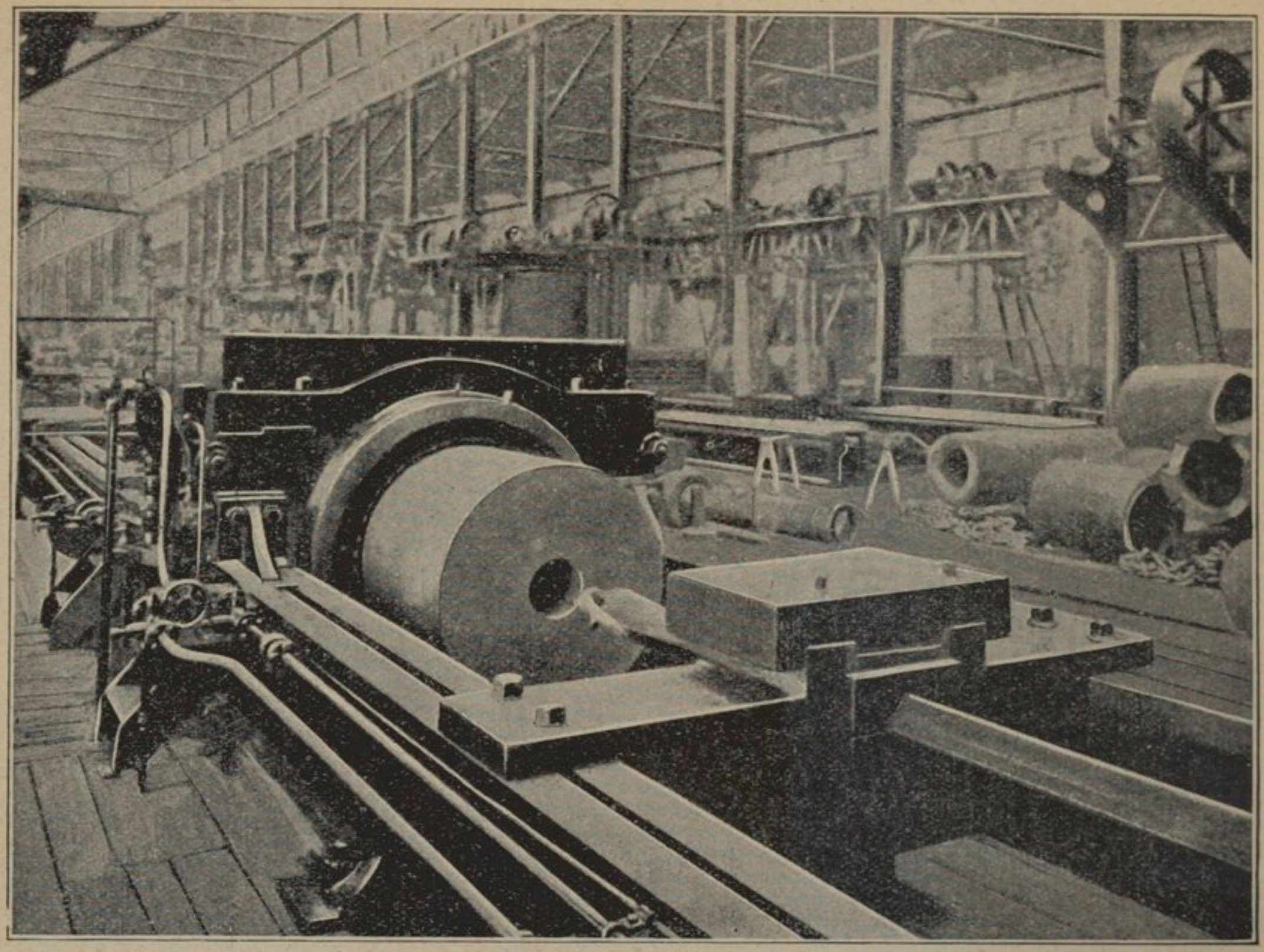
travail considérable et minutieux qui ne peut être exécuté que dans les grandes usines spécialement aménagées pour la construction des bouches à feu de gros calibre.

La première opération consiste à débarrasser la pièce de son âme ou tube intérieur usé. On y parvient aisément à l'aide d'outils analogues à ceux employés pour l'alésage, puis on procède à la confection de l'âme nouvelle — quand, toutefois, il n'en existe pas une réserve fabriquée à l'avance.

Le métal employé est, on le sait, l'acier (acier dit spécial). Il doit être d'une qualité exceptionnelle en raison du travail intense auquel il sera soumis, et des pressions brusques et énormes, atteignant fréquemment 3.000 kilogrammes par centimètre carré, qu'il devra supporter sans s'avarier et sans subir de déformations permanentes.

Le nickel donne, avec une dureté convenable, une grande ténacité. C'est donc l'alliage qui convient le mieux pour obtenir le meilleur métal à canon, c'est-à-dire de l'acier demi-dur. Quand on y adjoint un autre métal tel que le chrome ou le manganèse, ce n'est qu'en très petite quantité.

Disons brièvement qu'un canon de gros calibre se compose essentiellement, outre le tube central qui règne sur toute la longueur, de deux manchons à épaulement placés, l'un sur la partie arrière ou culasse, l'autre au commencement de la volée, en avant de la première, d'une frette, dite *frette-agrafe*, placée sur les deux manchons, et qui en assure la jonction en s'agrafant sur l'un et en se vissant sur l'autre, d'un rang de frettes cylindriques renforçant le manchon arrière et d'une rangée de huit frettes tronconiques



UNE PORTION DU LINGOT EST MAINTENANT FOREE DANS UNE FORERIE HORIZONTALE

La tête du foret de la machine se trouve dans le centre du bloc; elle y fait un trou de 50 cm. 8 dans lequel on passe un mandrin quand le travail est terminé.

renforçant le manchon avant et la volée. Sa construction proprement dite comprend :

1° La fabrication des éléments essentiels (tube, manchons, frettes, culasse) ;

2° L'usinage, c'est-à-dire le travail de finissage exécuté sur chaque élément pour l'amener aux dimensions voulues ;

3° La mise en place des divers éléments énumérés plus haut, ou frettage ;

4° La rayure de l'âme (c'est le travail le plus délicat) et le montage de la culasse.

En Angleterre, les opérations sont un peu différentes, car beaucoup de canons y sont construits par enroulement de fil ou ruban métallique. Autour du tube central, une fois le forage dégrossi, on enroule un certain nombre de kilomètres de ruban d'acier d'environ un quart de pouce (6 mm.) de largeur, et présentant à la traction une résistance de 100 tonnes par pouce carré (160 kilos par millimètre carré). Sur un canon de 12 pouces (305 mm), des usines Vickers, on enroule environ 117 milles (188 kilomètres) de ce ruban étroit, dont le poids total est de 13 tonnes et demie. Il est mis en place, sous une haute tension ; la bobine, avec son mécanisme de tension, est montée sur un bâti placé sur le côté de l'un des gros tours sur lequel on fait tourner le tube du canon avec une faible vitesse, le bout du fil ou ruban métallique ayant été au préalable fixé sur le tube, à l'extrémité de la culasse, en le calant à l'aide d'un coin dans une petite cavité. En même temps que le canon tourne, le chariot portant la bobine de ruban d'acier est déplacé par un mécanisme à vis le long du banc, de manière à enrouler le fil métallique en une couche serrée continue. On fait varier la tension du fil dans les couches successives : il y a, dans un canon de 12 pouces, 14 couches sur la volée et 75 sur le renfort, la couche extérieure ayant la tension la moins forte. (Figure page 334).

L'ensemble est recouvert d'une frette placée à chaud assurant un serrage énergique.

Les lecteurs de cette revue ont appris, par de précédents articles, comment on fabrique un canon. Ce que nous voulons surtout faire connaître aujourd'hui, c'est comment s'opère le retubage. Cependant, nos illustrations,

que nous avons choisies avec soin, leur rappelleront les différentes phases de la construction d'une bouche à feu de gros calibre.

Le tube, qui constitue l'âme nouvelle, peut, dès qu'il est terminé, prendre la place de l'ancien tube usé dans l'intérieur de la bouche à feu, et les opérations suivantes auront pour but de l'y introduire. Elles constitueront en somme son « frettage », dont il est cependant bon de dire un mot.

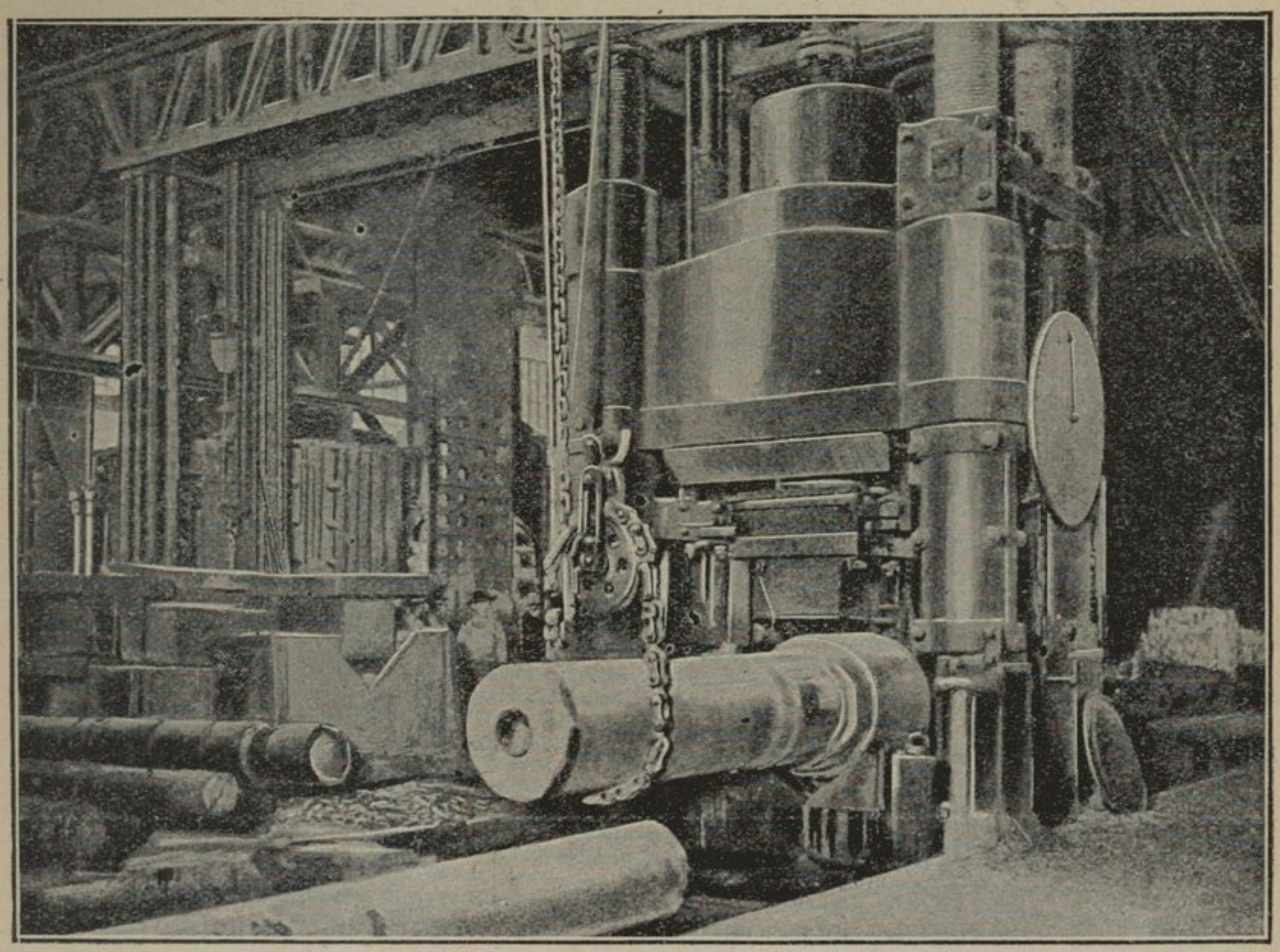
Nos ancêtres, dont les canons, on le sait, étaient d'une seule pièce (c'est-à-dire sans frettes), se montraient surpris quand, doublant l'épaisseur du métal dont ils étaient formés, ils n'obtenaient qu'une résistance à l'éclatement faiblement supérieure, de sorte que leur puissance n'était qu'à peine augmentée. Pourquoi cette particularité ?

D'habiles métallurgistes, étudiant de près le phénomène, furent amenés à formuler la loi suivante : « La pression d'éclatement, c'est-à-dire celle que peut supporter un tube sans éclater, augmente avec l'épaisseur de ce tube, mais moins vite qu'elle ». En d'autres termes, si l'on double, triple, décuple cette épaisseur, la résistance à l'éclatement augmentera, mais sera bien loin de doubler, de tripler, de décupler ; elle augmente de moins en moins, si bien qu'il arrive un moment où elle cesse presque complètement de croître, quelle que soit l'épaisseur du tube.

C'était là un grave obstacle à l'augmentation de puissance des bouches à feu.

Il fut tourné, et on réussit ainsi à élargir la limite de pression par un habile artifice de construction qui s'appelle le frettage.

On sait qu'il consiste à entourer d'un ou d'une série d'anneaux concentriques — appelés frettes — le tube-canon, de telle sorte qu'ils soient très puissamment serrés les uns sur les autres. On y arrive en tournant intérieurement, en alésant la frette à un diamètre légèrement inférieur, de deux ou trois dixièmes de millimètres, au diamètre extérieur du tube, et, pour introduire celui-ci dans l'élément précédent, il suffit de chauffer la frette à 300 ou 350 degrés ; elle se dilate assez pour laisser pénétrer dans son intérieur le tube resté froid. Par le refroidissement, elle se contracte et opère un serrage énergique. C'est le procédé bien connu qu'emploient les charrons pour cercler

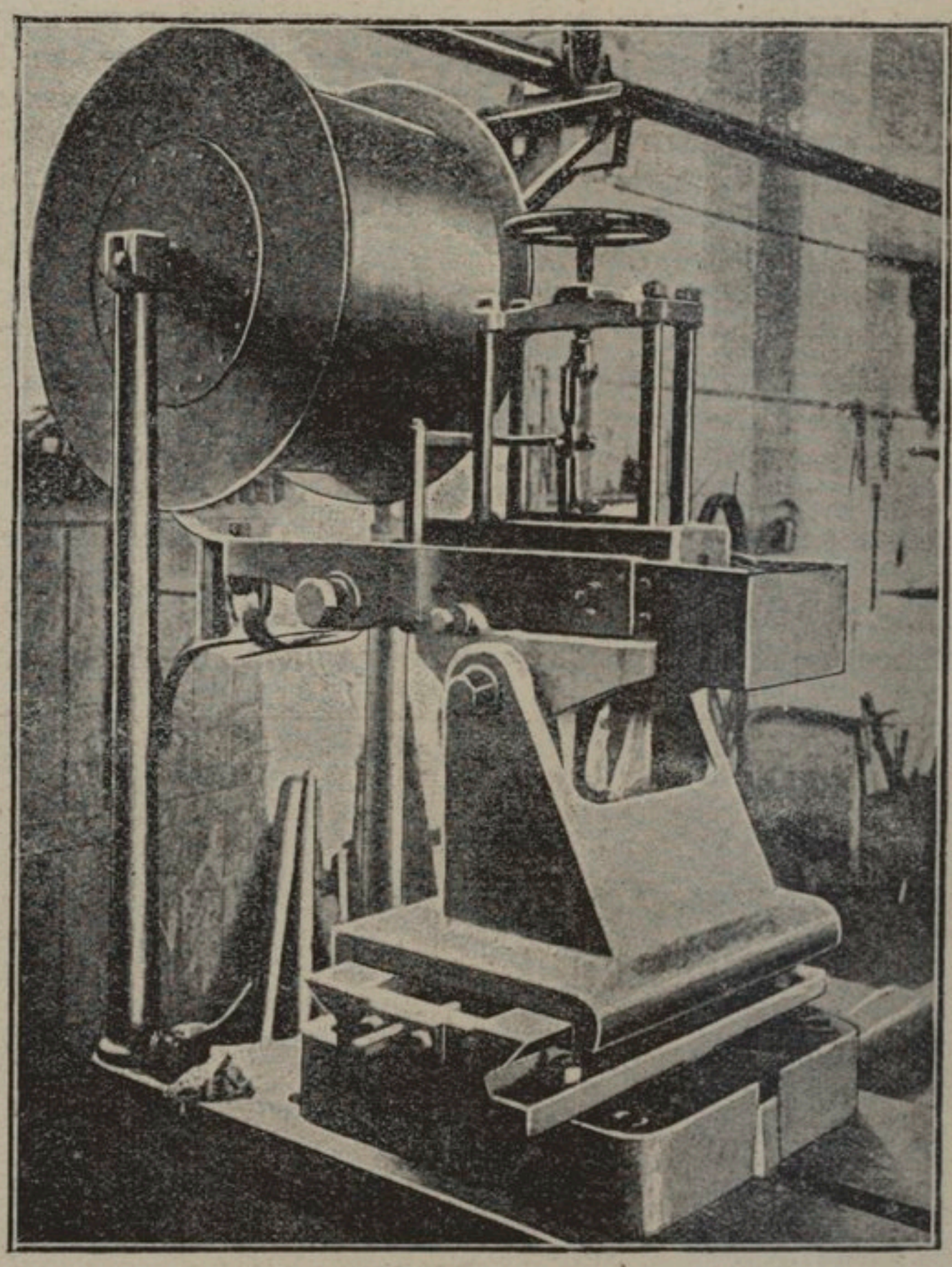


FORGEAGE A CREUX D'UN TUBE DE CANON DE 30 CM. 48 AUX ACIÉRIES DE BETHLÉHEM
Le bloc a été foré comme on l'a vu précédemment, et on le forge maintenant à la presse hydraulique autour du mandrin passé préalablement dans le trou.

les roues de voitures. La puissante compression augmente la résistance du tube dans de fortes proportions. A son tour, la résistance de la frette, elle-même, peut être augmentée par un deuxième, un troisième frettage. Les grosses pièces ont plusieurs épaisseurs de frettes superposées, surtout dans la région qui fatigue le plus, c'est-à-dire vers la culasse, la chambre à poudre.

C'est ainsi que la force de l'acier se trouve artificiellement augmentée. Si, en effet, le canon était fait d'un seul bloc, l'énorme pression des gaz de la poudre dilaterait la couche avoisinant l'âme au delà de la limite d'élasticité du métal avant que les couches extérieures pussent entrer en jeu et prêter l'appui de leur résistance. Le frettage obvie à cette très mauvaise répartition de l'effort.

Du serrage des frettes, il résulte une compression du tube, et, en particulier, de sa couche interne, et une distension très caractérisée de la frette même.



APPAREIL POUR ENROULER LES RUBANS MÉTALLIQUES SUR LES TUBES DES GROS CANONS ANGLAIS

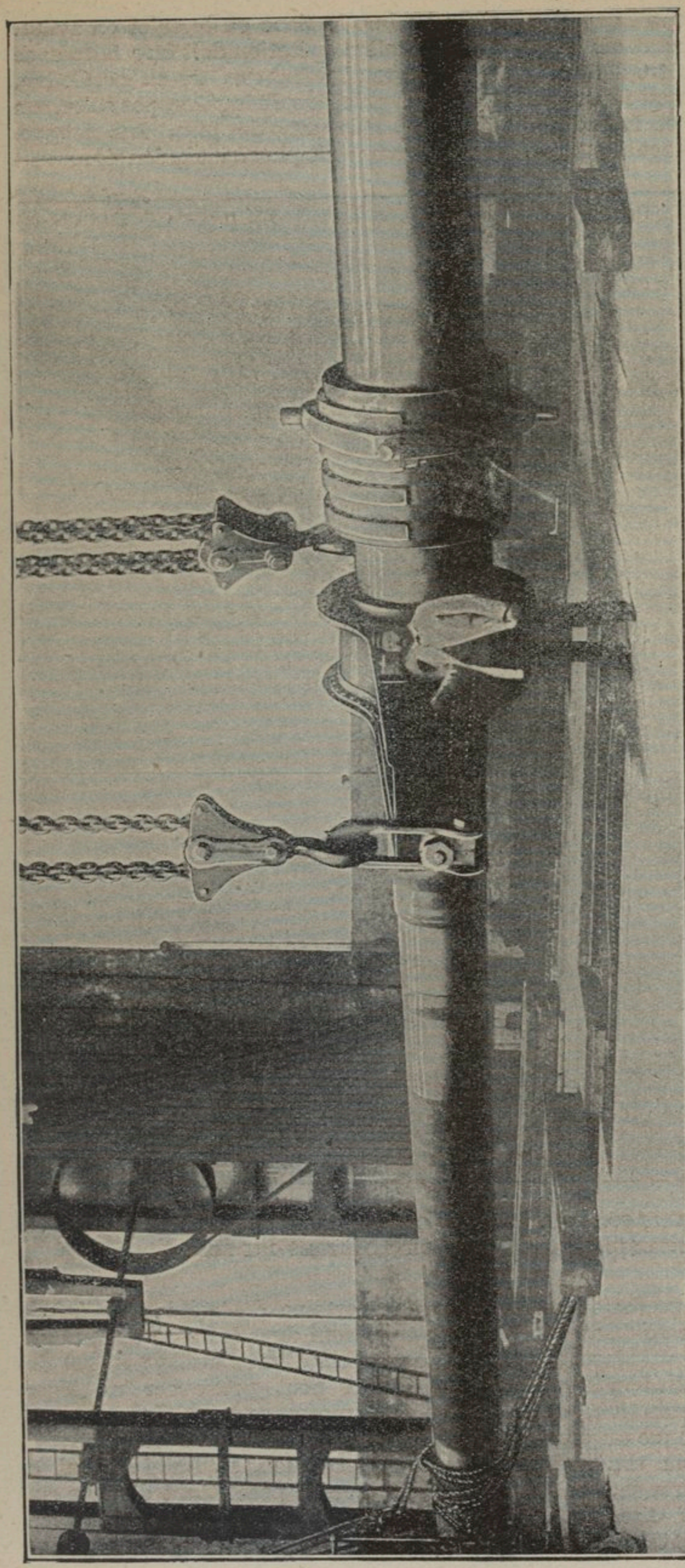
Cet appareil est en usage aux usines Vickers et Cie.

Dans ces conditions, la pression des gaz a pour effet, au départ du coup, de ramener d'abord le tube à ses dimensions naturelles en distendant davantage les frettes ; bien que le serrage ne dépasse pas un millième du diamètre, la pression qui donne ce résultat est considérable. Pendant cette première période, les frettes seules travaillent à l'extension. Le tube ne commence à travailler à l'extension qu'à partir du moment où il a repris ses dimensions naturelles. Les couches intérieures se trouvent ainsi ménagées au début ; les couches extérieures, constituées par les frettes, travaillent tout le temps à l'extension et contribuent jusqu'à la fin à assurer la résistance de la bouche à feu.

Mais à partir du moment où le tube, ayant repris ses dimensions naturelles, absorbe la majeure partie de l effort de distension, les frettes seraient mal utilisées si elles n'étaient pas faites d'un métal moins extensible que celui du tube, si, par suite, elles n'étaient pas capables d'opposer à l'extension du tube plus de résistance que celui-ci n'en oppose à l'expansion des gaz. C'est pour cela que les *frettes sont raidies par une trempe à l'eau*, tandis que le *tube n'est soumis qu'à une trempe à l'huile*, plus douce.

Depuis quelque temps, dans certaines usines, la trempe du tube se fait, non plus à l'huile, mais à l'eau, comme celle des frettes; mais alors la trempe est conduite de façon qu'elle soit plus douce que cette dernière, et le résultat est à peu près le même.

Donc, notre tube neuf terminé — sauf la rayure intérieure — doit être introduit à forcement dans l'ancien canon pour y prendre la place de l'âme usée dont celui-ci a été préalablement débarrassé. Pour y parvenir, on procède comme s'il s'agissait d'une frette ordinaire et de la façon qui a été indiquée dans les lignes précédentes. Cet ancien canon, qui n'est, en somme, qu'une série de frettes superposées, est d'abord soigneusement alésé à la dimension convenable, puis chauffé *au bleu* dans un four à gaz. La dila-



MANŒUVRE DU TUBE D'UN CANON DE 32 CM., EN VUE DE SA TREMPE ET DE SON FRETTAGE, DANS UNE USINE FRANÇAISE
Le tube est solidement attaché à l'appareil de levage, et l'on va successivement lui faire prendre plusieurs positions.

tation du métal permet alors d'introduire les deux éléments l'un dans l'autre.

Mais on ne réussit pas toujours du premier coup cette opération assez délicate, car le chauffage très régulier et très égal en tous les points d'une masse de métal longue de douze ou quinze mètres et pesant plus de quarante tonnes, n'est pas des plus faciles à réaliser. Il arrive que, par suite d'une inégalité de température, même très légère, dans la masse, la pièce se cintre, de quelques dixièmes de millimètres seulement, il est vrai mais cette courbure est suffisante pour empêcher complètement l'introduction du tube.

Il faut alors recommencer l'opération.

Le canon est ensuite refroidi par des jets d'eau convenablement dirigés à sa surface. On tire alors généralement quelques coups d'ajustage à charge de poudre bien dosée afin d'obtenir l'adhérence complète et en tous les points du tube dans le corps du canon. Celle-ci est, en effet, indispensable, car si elle n'existait pas, même sur un seul point, s'il y avait le plus léger vide entre les deux éléments, ne fût-il que de la dimension d'un centime et de l'épaisseur d'une feuille de papier à cigarette, la bouche à feu pourrait éclater.

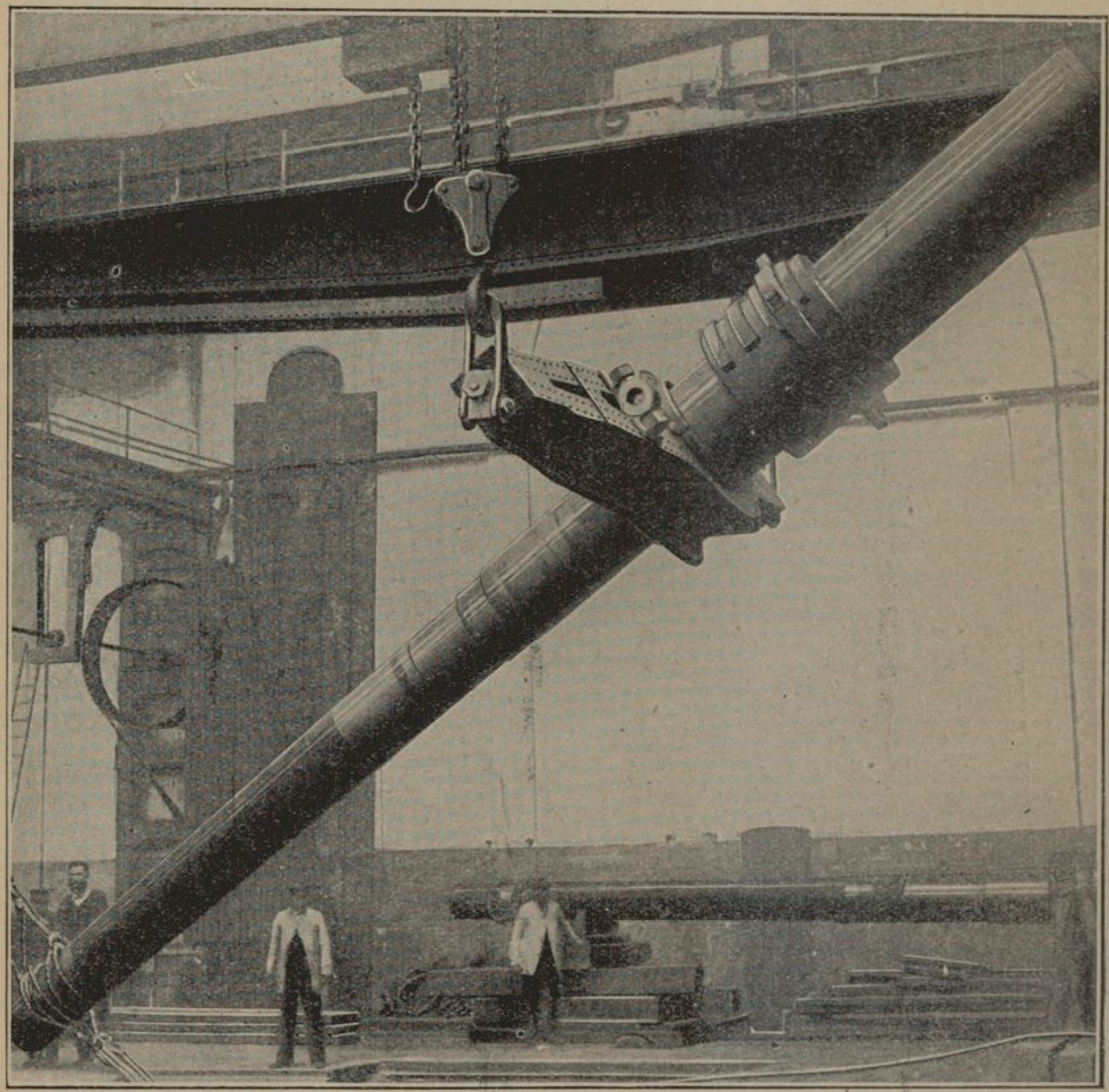
Enfin, l'âme est rodée intérieurement au moyen de la barre

de rodage portant des briques d'émeri. Ce travail, qui enlève 0,002 de métal environ, amène enfin l'âme à son diamètre définitif.

Il ne reste plus qu'à procéder au finissage, qui comprend la vérification et la rectification, s'il y a lieu, de l'ajustage du logement de culasse et du taraudage des filets de vis de celle-ci, du « chambrage » ou alésage de la partie (la chambre) où se place la charge de poudre ; à l'examen du bon fonctionnement du système de fermeture, et enfin au rayage de l'âme qui donne au projectile la vitesse de rotation sur son axe, laquelle est nécessaire pour assurer sa stabilité sur sa trajectoire, c'est-à-dire pour l'empêcher de culbuter en chemin et d'arriver au but le flanc ou le culot en avant. Cette dernière opération doit être faite avec le plus grand soin, car, de sa perfection, dépend la précision de la pièce, par suite, son efficacité. Elle est, de plus, fort longue.

Nous avons dit plus haut qu'on éprouvait parfois une certaine difficulté pour introduire le tube neuf dans le corps de l'ancien canon, en raison d'un chauffage inégal de celui-ci, lequel peut provoquer un léger cintrage de la masse, ce qui oblige à recommencer le pénible travail de chauffe.

Un industriel italien, M. Luigi Pittoni, a imaginé un procédé permettant d'éviter cet inconvénient et en même temps d'opérer avec plus de célérité. Ce procédé, qui est très in-



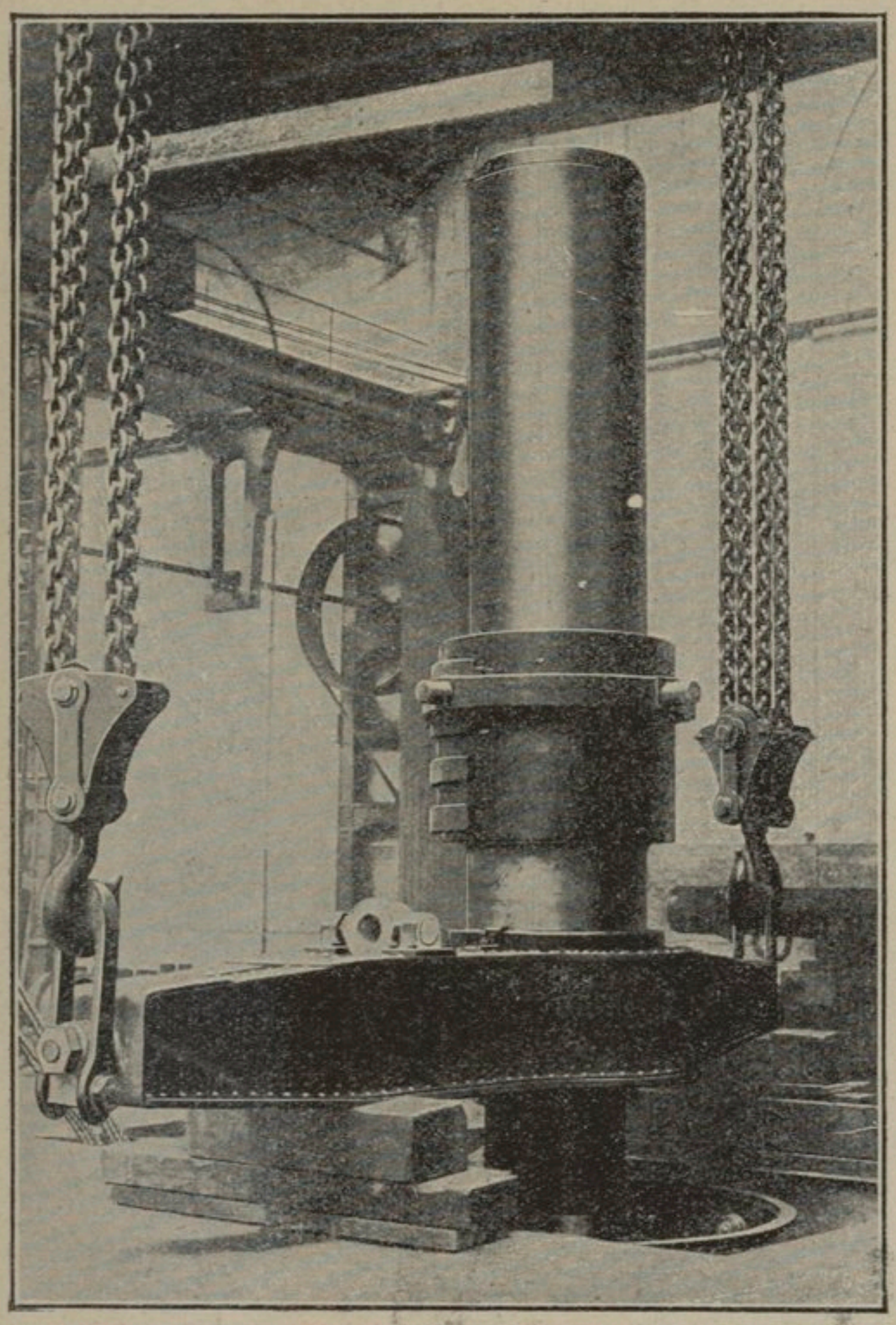
ICI, LE TUBE EST SOULEVÉ DE FAÇON QUE LA PARTIE QUI DOIT CONSTITUER LA VOLÉE SE TROUVE MAINTENUE A QUELQUES CENTIMÈTRES DU SOL

consiste dans l'utilisation d'un nouveau tube fabriqué et rayé d'avance, dont on possède une provision, et dans son introduction dans le corps de l'ancien canon, débarrassé de son âme usée, par le moyen suivant :

Ce corps de canon est placé dans une position verticale, la culasse tournée vers le haut, et il communique, par un tube partant de cette culasse, avec la partie supérieure d'une chaudière dont le fond communique également, par un autre tube, avec la bouche de la pièce, et qui forme ainsi, avec les deux tubes et l'intérieur du canon, un système de circulation continue entièrement rempli de paraffine liquide, ou de toute autre matière similaire à point d'ébullition suffisamment élevé. La chaudière étant maintenue dans un four chauffé, placé un peu en contre-bas du canon et à côté de lui, la paraffine entre en ébullition ; elle circule alors dans le système de telle manière que toute la masse, chauffée progressivement de l'intérieur vers l'extérieur, d'une façon très uniforme, atteint la température de 300 degrés, ou davantage, suivant la matière chauffante employée. (Figure schématique à la page suivante).

Le corps du canon se dilatera alors progressivement et très régulièrement, et toute déformation ou cintrage sera ainsi évité. On pourra donc introduire très facilement dans son intérieur le nouveau tube rayé aussitôt que la paraffine liquide en sera sortie. Soulevé par une grue, il descendra verticalement par son propre poids et prendra la place de l'ancien tube usé.

Cette usure, relativement rapide, des gros canons a provoqué des recherches dans le but d'y parer, au moins dans une certaine mesure. Les uns ont proposé une lubrification abondante, les autres un cuivrage des rayures (qui ne durerait pas bien longtemps!). D'autres encore, se basant sur ce fait que l'érosion est peut-être due, au moins en partie, à l'imperfection de l'obturation qui laisse passer, au départ du coup, des filets de gaz de la poudre, lesquels, animés d'une énorme vitesse, usent les rayures par frottement, comme le ferait un corps solide, et emportent des particules du métal rendu moins résistant par la haute température à laquelle il est soumis, ont cherché le remède dans une meilleure obturation à l'arrière du projectile, s'efforçant de la rendre plus parfaite en interposant, entre la ceinture de celui-ci et les rayures, des pièces d'une forme spéciale appropriée. Ces divers procédés n'ont donné que des résultats à peu près nuls.



TROISIÈME MOUVEMENT : LE TUBE EST DESCENDU SOIT DANS LE PUITS A TREMPE SOIT DANS LE PUITS A FRETTAGE

Ce dernier puits contient alors la frette convenablement dilatée par la chaleur.

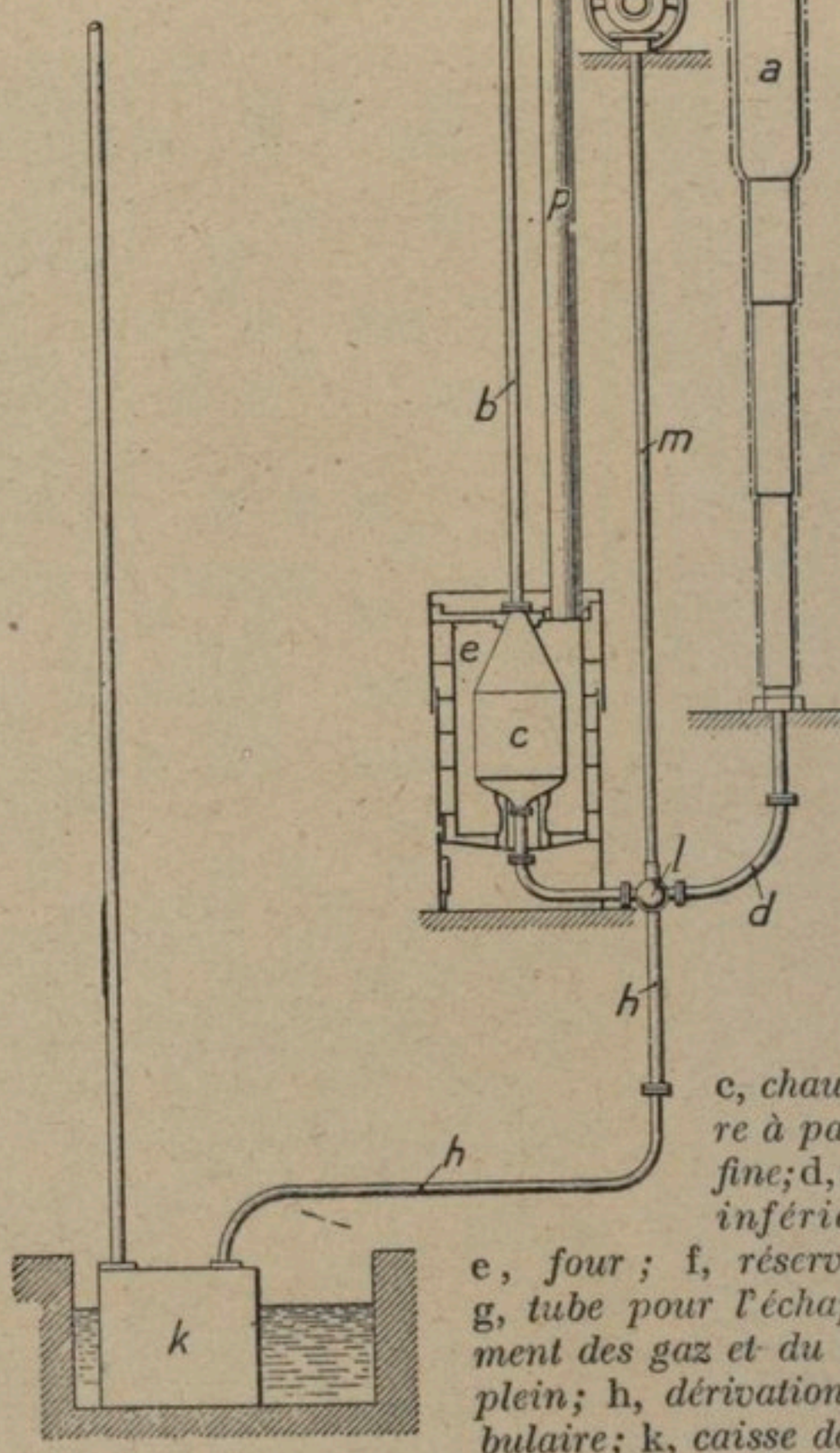
Le suivant, qui serait, dit-on, un peu meilleur, est décrit en détail dans la revue spéciale anglaise *Arms and Explosives*.

Il consiste en une sorte d'enduit ou de ciment à base de silicate de soude, ou pro-

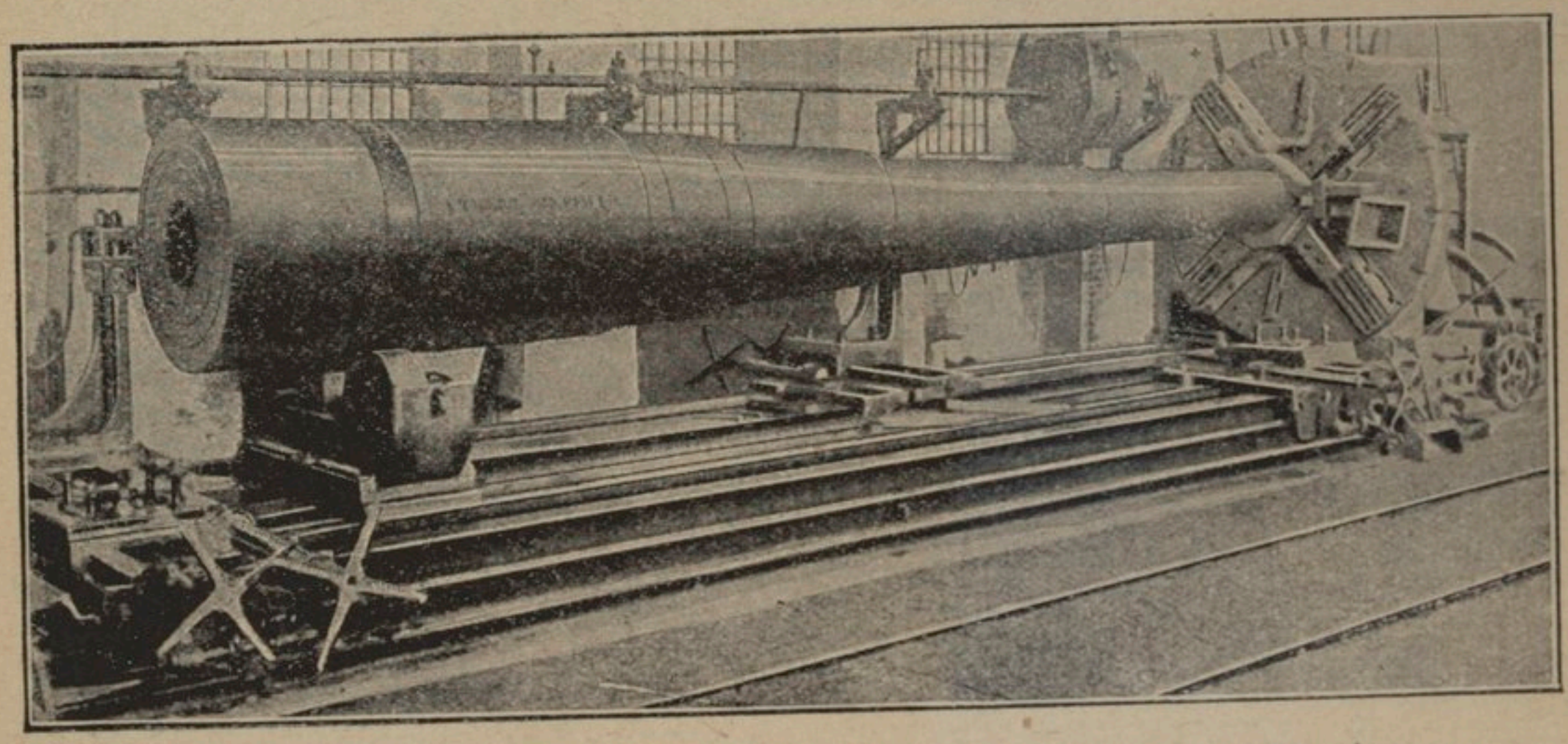
duit analogue, seul ou mélangé à de l'argile en poudre, qui empêche l'érosion (ou du moins l'atténuerait *peut-être)* en évitant tout contact pendant le tir entre la ceinture du projectile et le métal de l'âme. On l'étend à la surface de l'une et de l'autre, et l'adhérence serait plus grande si l'on rendait les surfaces rugueuses par un procédé chimique ou mécanique. On diminuerait ainsi beaucoup l'usure de la pièce — d'après le dire de l'inventeur.

Mais cette maladie de l'usure de l'âme — sérieuse quoique guérissable, en somme, ainsi qu'on vient de le voir — n'est pas la seule dont les canons soient menacés au cours de leur existence. En temps de paix ou de manœuvres, elles existent, mais sont le plus souvent légères ou anodines, pas beaucoup différentes des petits accidents qui frappent les véhicules divers roulant par mauvais chemins ou à travers champs. Parfois, on constate le bris de la tige du ressort du percuteur (c'est l'accident le plus commun, c'est même le seul qui soit commun, et on le répare en un rien de temps) ou bien une fuite au frein occasionnant un mauvais fonctionnement, ce qui, alors, nécessite l'envoi à l'usine. Mais, en période de guerre, il n'en va pas de même, et, outre les maladies bénignes, il y a celles qui sont graves, même mortelles. On comprend suffisamment que la pièce, sur le champ de bataille ou dans la tranchée, peut être touchée par un obus, de façon à être irréparable. Le cas est assez rare, car elle offre une cible si restreinte que la probabilité d'être atteinte par le projectile est extrêmement faible. Si celui-ci tombe à côté ou au milieu de la batterie, il culbutera tout, affûts et

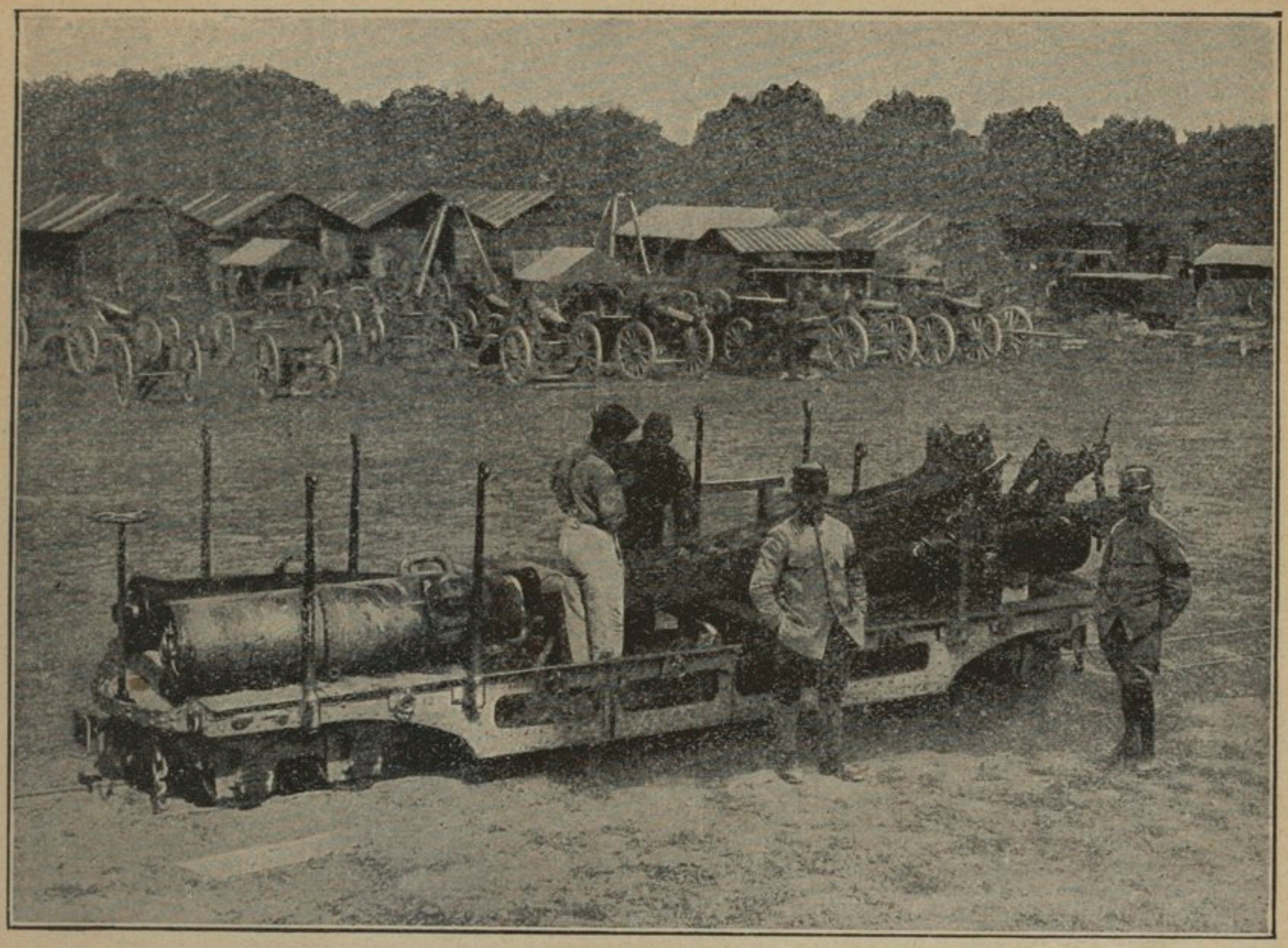
APPAREIL DE PITTONI POUR RENOUVELER RAPIDEMENT L'AME DES CANONS



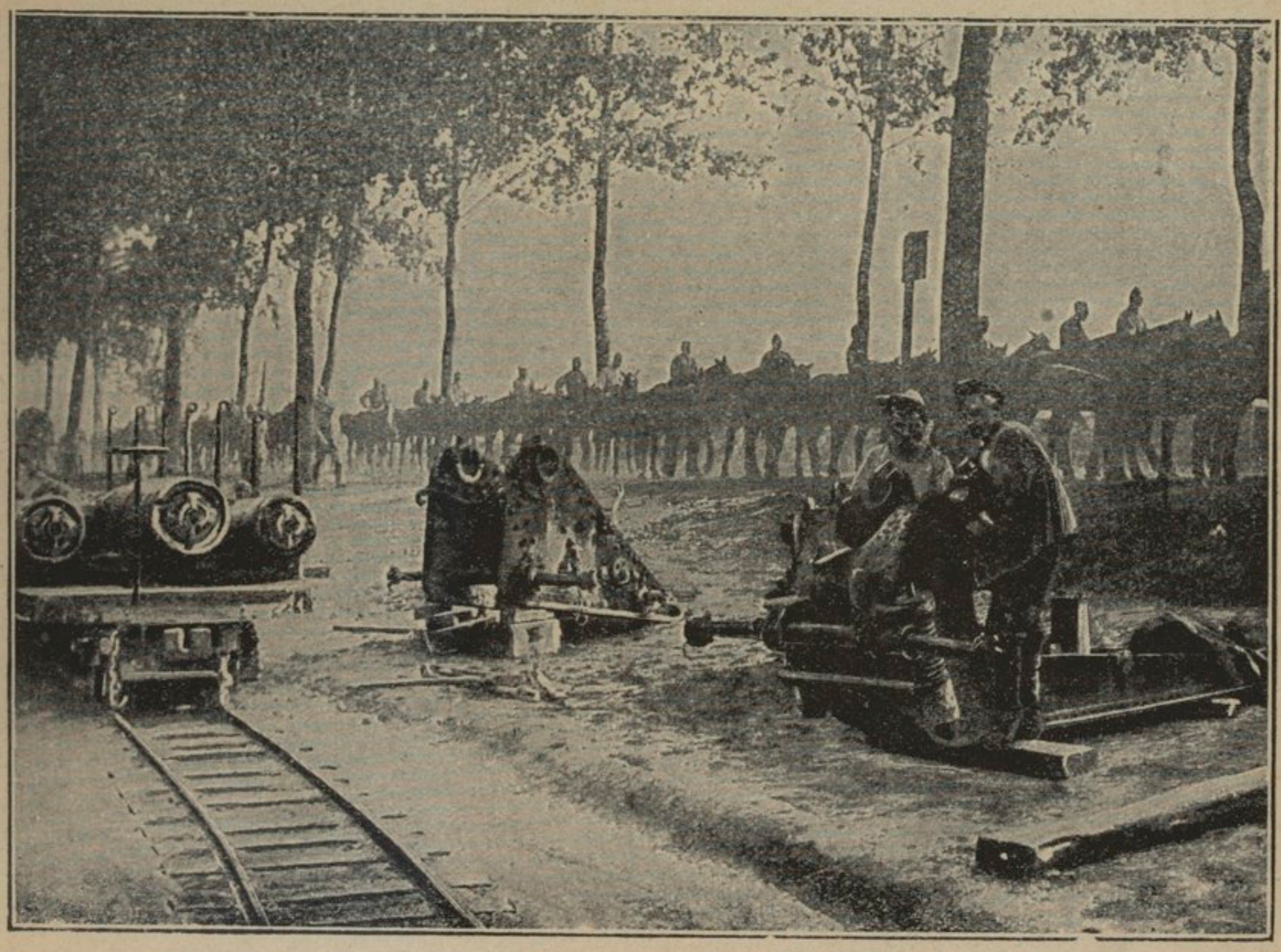
a, *canon;* b, *tube supérieur de communication;* c, *chaudière à paraffine;* d, *tube inférieur;* e, *four ;* f, *réservoir ;* g, *tube pour l'échappement des gaz et du trop plein;* h, *dérivation tubulaire;* k, *caisse de décharge ;* l, *robinet à deux voies conduisant la paraffine dans la caisse à la fin de l'opération;* m *et* n, *tige et volant pour la manœuvre du robinet* l.



FINISSAGE D'UN CANON DE 12 POUCES SUR LE GRAND TOUR DE 20 MÈTRES

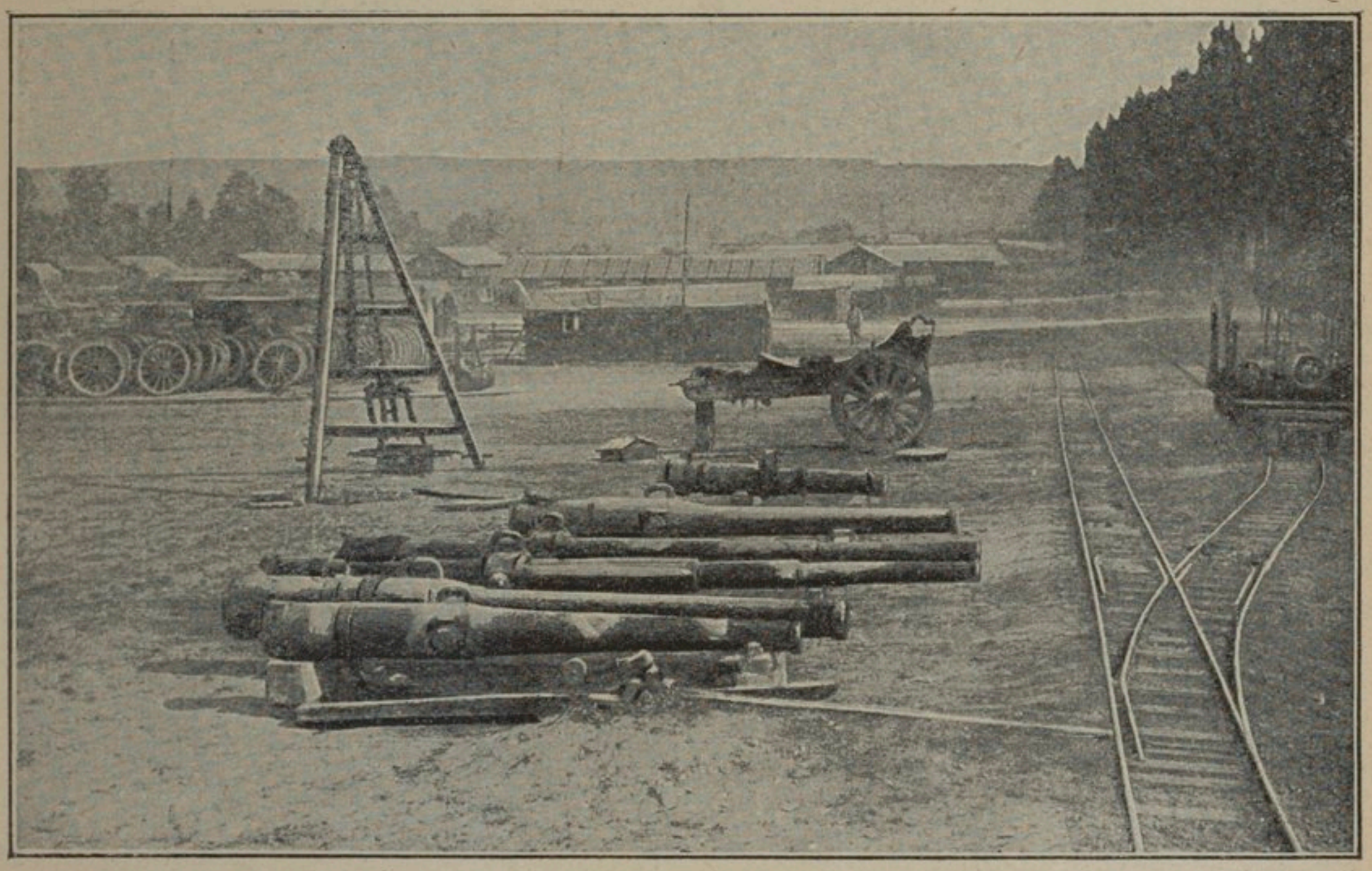


SUR LE FRONT : CANONS USÉS, DÉMONTÉS POUR ÊTRE TRANSPORTÉS A L'USINE



SUR LE FRONT : ATELIERS IMPROVISÉS POUR LA RÉPARATION DES AFFUTS

pièces. Celles-ci resteront le plus souvent intactes ; les affûts seuls souffriront plus ou moins, et on devine la nature de leurs avaries : roues brisées, essieux, flèches, crosses, faussés, tordus, freins disloqués, flasques disjoints, etc., tout cela est facilement réparable, soit sur le champ de bataille même (où, au besoin, on change le canon d'affût) soit dans les ateliers de l'arrière, dans les parcs d'armée ou de corps d'armée, où il existe de nombreuses pièces de rechange.



AUTRES CANONS DE DIVERS CALIBRES AYANT SUBI DES GRAVES DÉGRADATIONS
Ces pièces sont prêtes à être transportées à l'arrière, où on leur fera une âme neuve dans les usines qui les ont construites.

Mais, sans parler des cas désespérés où le canon doit être sacrifié pour qu'il ne tombe pas aux mains de l'ennemi en le faisant éclater à l'aide d'une charge d'explosif, il est un autre genre de mal qui est sans remède : c'est l'échauffement excessif par suite d'un tir trop prolongé. Chacun sait que le tir échauffe le métal et que sa résistance diminue ainsi progressivement, au point de devenir presque nulle quand le rouge plus ou moins vif est atteint. Si l'on continue à tirer avec une pièce trop échauffée, la peinture qui la recouvre coule d'abord, ce qui est un avertissement, et si, malgré cela, on n'arrête pas le tir, il arrive un moment où la pression de la poudre l'emporte sur la ténacité décroissante du métal, et l'âme se gonfle. Si l'on ne s'en aperçoit pas à temps et que l'on continue encore à tirer avec une pièce déformée et brûlante, des accidents graves peuvent se produire : dans certains cas, le projectile, mal guidé, peut se coincer dans le tube du canon et le faire éclater. Dans d'autres cas, où le gonflement de l'âme s'étend sur une assez grande longueur, la ceinture du projectile joue librement à l'intérieur, n'assure pas l'étanchéité des gaz de la poudre qui se glissent tout autour. L'obus part néanmoins, mais retombe à quelques centaines de mètres. Le canon est alors hors de service.

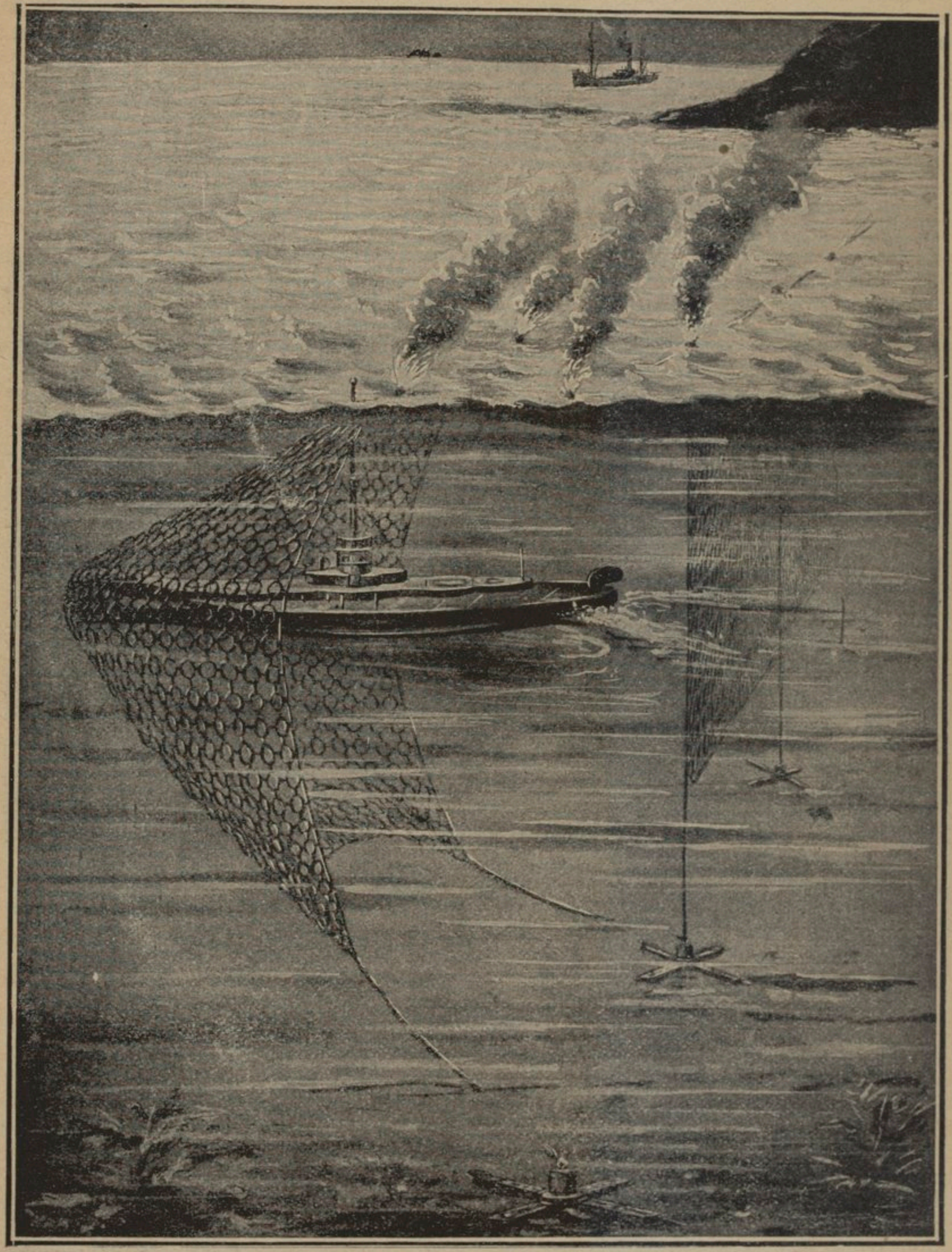
Il n'est cependant pas tout à fait perdu encore, car on peut l'utiliser pour tirer à courte distance, dans les tranchées d'en face.

On emploie de même les canons trop usés dans leur âme et dans leurs accessoires : frein, récupérateur, affût, mécanisme de pointage, etc. (car tout s'use vite par le service intensif auquel ils sont soumis) pour pouvoir être utilement réparés ou retubés. Ils descendent au rang secondaire de canons de tranchées, de lance-bombes, etc.

Si vous voulez une comparaison, nous dirons qu'ils sont comme les rois du turf, les brillants pur-sang dont on a fait des chevaux de fiacre. *Sic transit gloria mundi.*

JACQUES HUBERMANN.

L'UN DES PIÈGES TENDUS AUX SOUS-MARINS



Le filet est immergé à deux ou trois mètres au-dessous du niveau des flots. Il est soutenu par des bouées spéciales contenant du phosphure de calcium et amarré au fond à de lourds « crapauds». Quand le sous-marin pénètre dans le filet, il brise les orins qui relient celui-ci aux crapauds et entraîne les bouées en les renversant. Le phosphure prend feu au contact de l'eau, dégageant de hautes flammes et d'épaisses fumées. Les patrouilleurs tapis dans le voisinage, prévenus, n'ont plus qu'à venir pêcher le sous-marin empêtré dans le filet.

LES FUSILS ALTISCOPIQUES

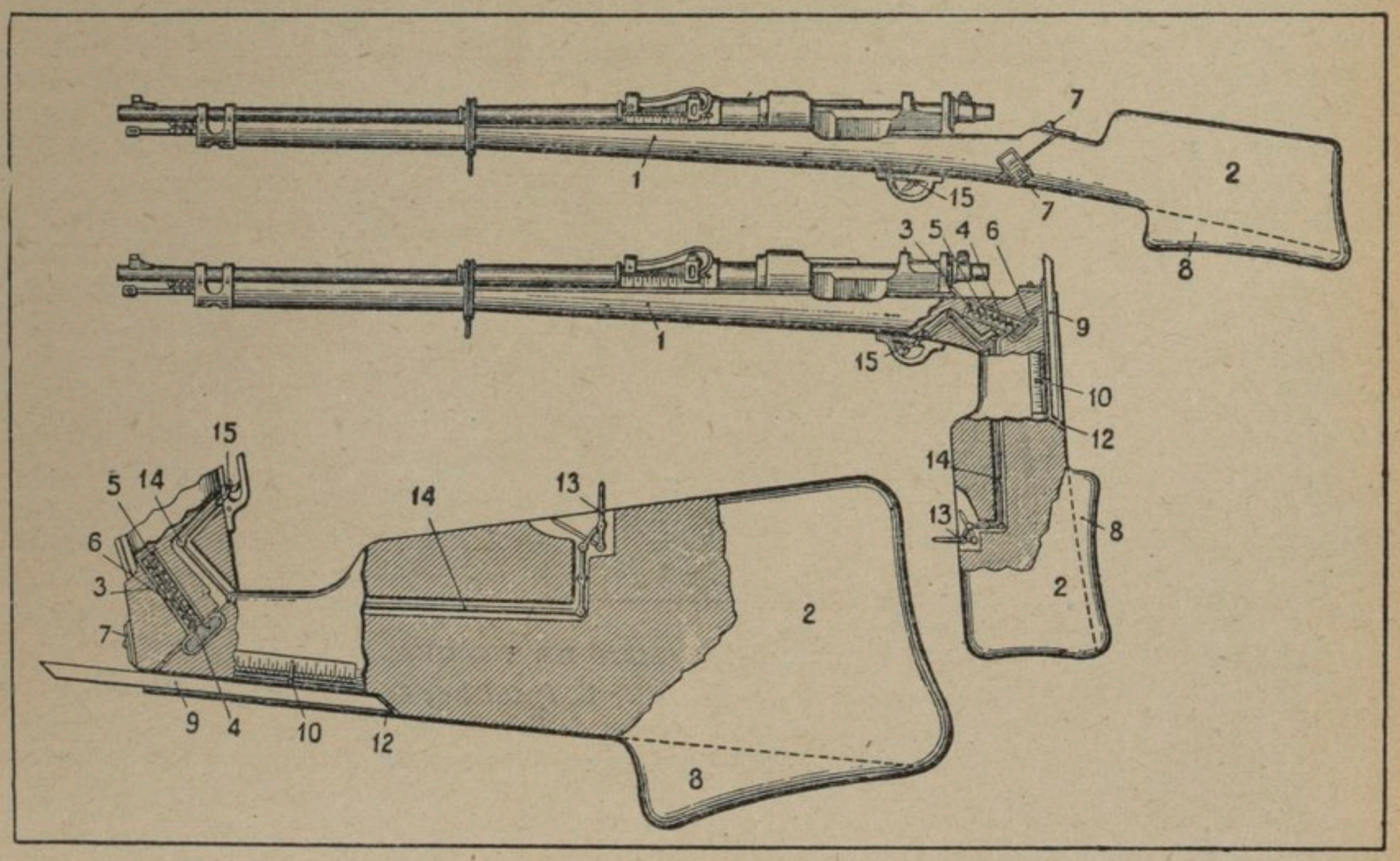
Par Robert VERNIER

Nous avons parlé, dans un précédent numéro d'un viseur périscopique destiné au tir dans les tranchées et permettant au tireur de ne pas élever la tête au-dessus du talus, ce qui le met complètement à l'abri des balles de l'ennemi.

Ce sont les Allemands qui, dans leur préparation à la guerre de tranchées qu'ils prévoyaient depuis longtemps. ont imaginé ce système de tir et ont construit industriellement le matériel permettant d'y procéder.

Un nommé Wilhelm Schulz, inventait. en effet, dans son pays, en 1911, un fusil à crosse rabattable dont voici la description:

Le bois est divisé par un trait de scie oblique en deux parties, qui sont reliées l'une à l'autre et maintenues normalement en continuel contact par une broche entourée d'un puissant ressort à boudin, mais un certain effort peut néanmoins les écarter plus ou moins, le ressort à boudin les ramenant toujours dans leur position primitive dès que l'effort cesse. La broche et le ressort sont reliés l'un et l'autre à un bouton rotatif fixé dans la crosse (à l'endroit où est pratiqué le trait de scie) de telle sorte que, lorsque les deux parties sont dans la position écartée, on puisse faire exécuter à l'une d'elles (la crosse) une rotation de 180 degrés sur son axe (un demi-tour) le haut venant ainsi se placer en bas et réciproquement. Lorsque l'effort qui a provoqué leur écartement cesse, les deux parties se rejoignent, ainsi qu'on l'a dit plus haut, sous l'action du ressort à boudin qui se détend, mais, grâce au trait de scie oblique, la crosse est alors amenée en position à peu près perpendiculaire au canon. Des verrous relient ensuite solidement les deux parties dans cette position. Un deuxième talon ou épaulière, servant d'appui, est pratiqué de l'autre côté de la crosse, et le tir d'une tranchée peut ainsi



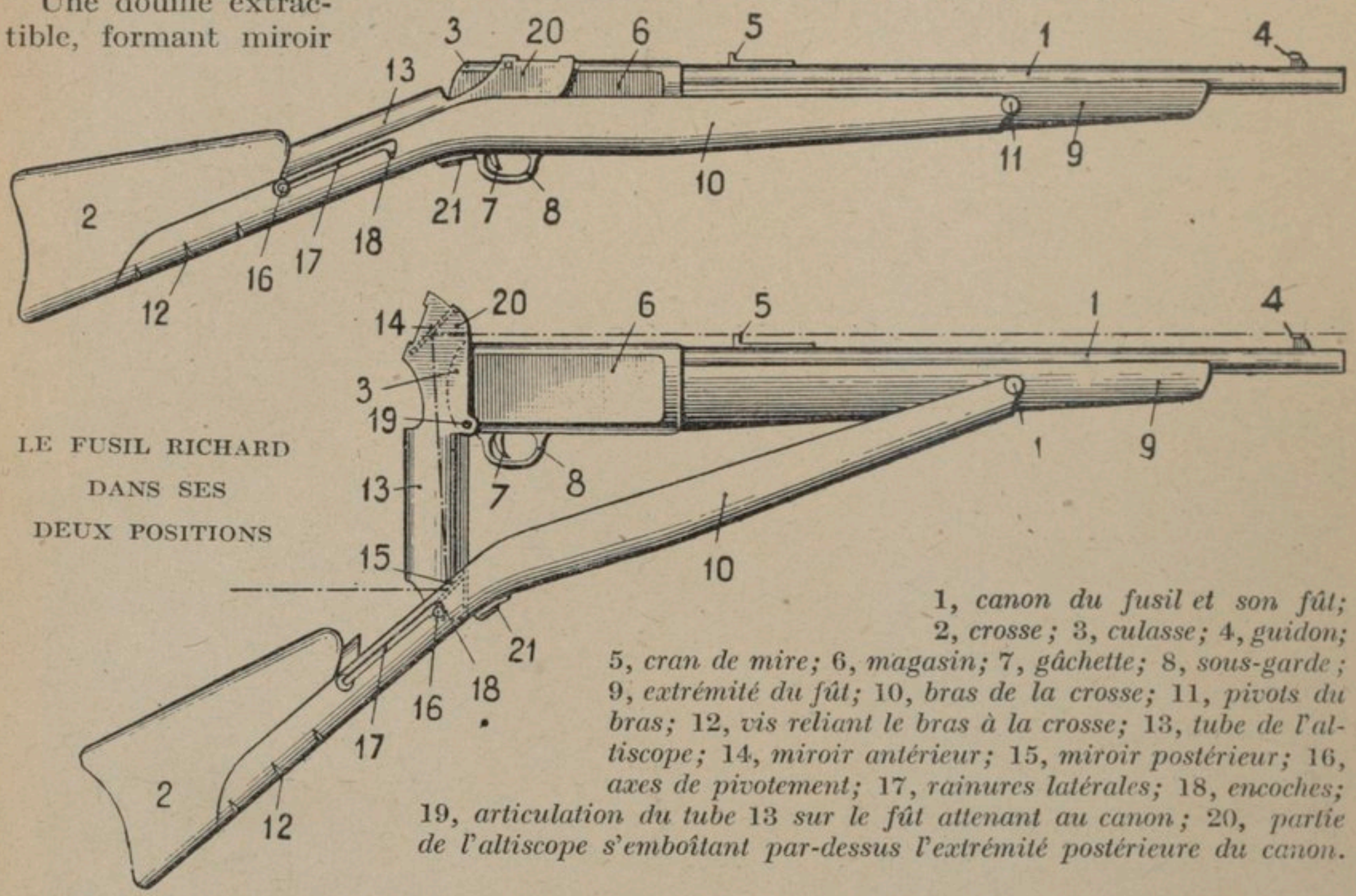
LE FUSIL SCHULZ, POSITION ORDINAIRE ET CROSSE RABATTUE

1, *fût;* 2, *crosse;* 3, *douille;* 4, *broche;* 5, *ressort à boudin;* 6, *bouton rotatif;* 7, *verrous;* 8, *deuxième talon;* 9, *douille extractible;* 10, *mire mobile;* 12, *réflecteur;* 13, *levier rabattable;* 14, *tiges articulées;* 15, *détente. (La figure inférieure donne le détail de la crosse).*

s'exécuter aisément sans que le tireur se découvre, sa tête restant assez sensiblement au-dessous de la ligne axiale du canon.

Une douille extractible, formant miroir et logée dans la crosse, sert, en combinaison avec une mire mobile et un réflecteur, à viser, la mire mobile servant respectivement de deuxième mire et de deuxième hausse quand la crosse susdite est rabattue.

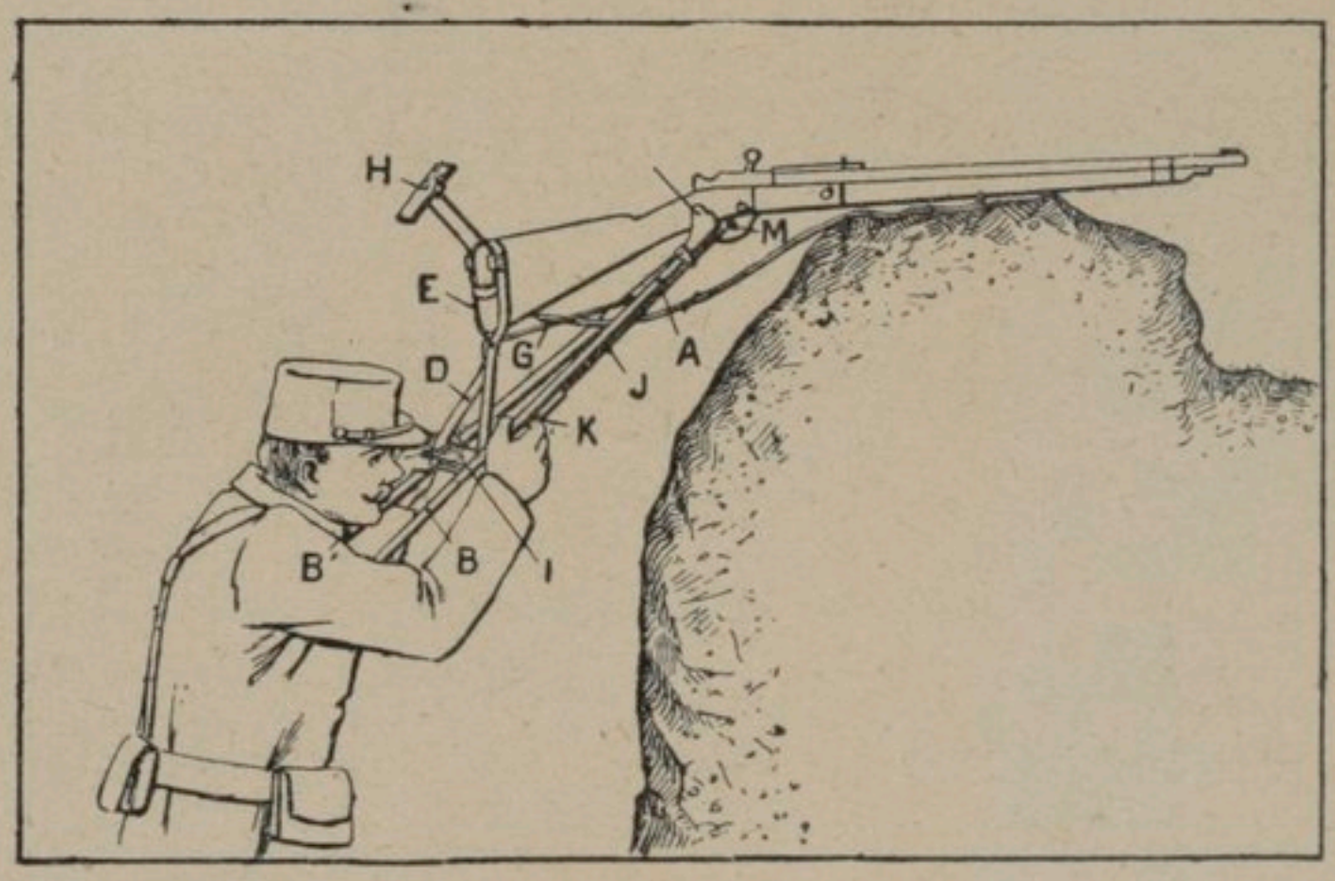
Enfin, un levier rabattable, commandé par un ressort et logé dans la crosse, est relié au moyen de tiges articulées à la détente proprement dite, de façon qu'on puisse agir sur cette dernière dans le tir en tranchée.



LE FUSIL RICHARD DANS SES DEUX POSITIONS

1, *canon du fusil et son fût;* 2, *crosse;* 3, *culasse;* 4, *guidon;* 5, *cran de mire;* 6, *magasin;* 7, *gâchette;* 8, *sous-garde;* 9, *extrémité du fût;* 10, *bras de la crosse;* 11, *pivots du bras;* 12, *vis reliant le bras à la crosse;* 13, *tube de l'altiscope;* 14, *miroir antérieur;* 15, *miroir postérieur;* 16, *axes de pivotement;* 17, *rainures latérales;* 18, *encoches;* 19, *articulation du tube* 13 *sur le fût attenant au canon;* 20, *partie de l'altiscope s'emboîtant par-dessus l'extrémité postérieure du canon.*

Un Américain, M. Leroy-Levine Richard, a également imaginé et fait breveter un fusil altiscopique dont le système diffère notablement du précédent. Il comprend une liaison articulée du fût, permettant un déplacement du canon par rapport à la crosse, et un altiscope (ou périscope) combiné avec ces pièces, se plaçant dans la position de fonctionnement lors du mouvement relatif du canon et de la crosse. Un bras est monté à pivot entre le canon et la crosse et s'étend entre ces pièces pour permettre la séparation de leurs extrémités. L'altiscope est normalement situé entre le canon et la crosse et est relié à pivot au bras et à la partie du fût attenante au canon.



FUSIL MONTÉ SUR CHEVALET DE TIR HERVÉ

A, *bâti du chevalet;* B,B', *bras du bâti;* C, *épaulière;* D, *support repliable;* E, *partie recevant la crosse de l'arme;* F, *appui du pontet du fusil sur le chevalet;* G, *crochet ou verrou d'arrêt;* H, I, *miroirs du périscope;* J, *tringle;* K, *tête de la tringle;* L, *rampe hélicoïdale;* M, *crochet relié à la gachette du fusil.*

Les systèmes précédents nécessitent l'emploi d'un fusil spécial. M. Hervé a imaginé un appareil qui permet d'utiliser un fusil quelconque. C'est un chevalet de tir dont la figure ci-dessus explique le fonctionnement.

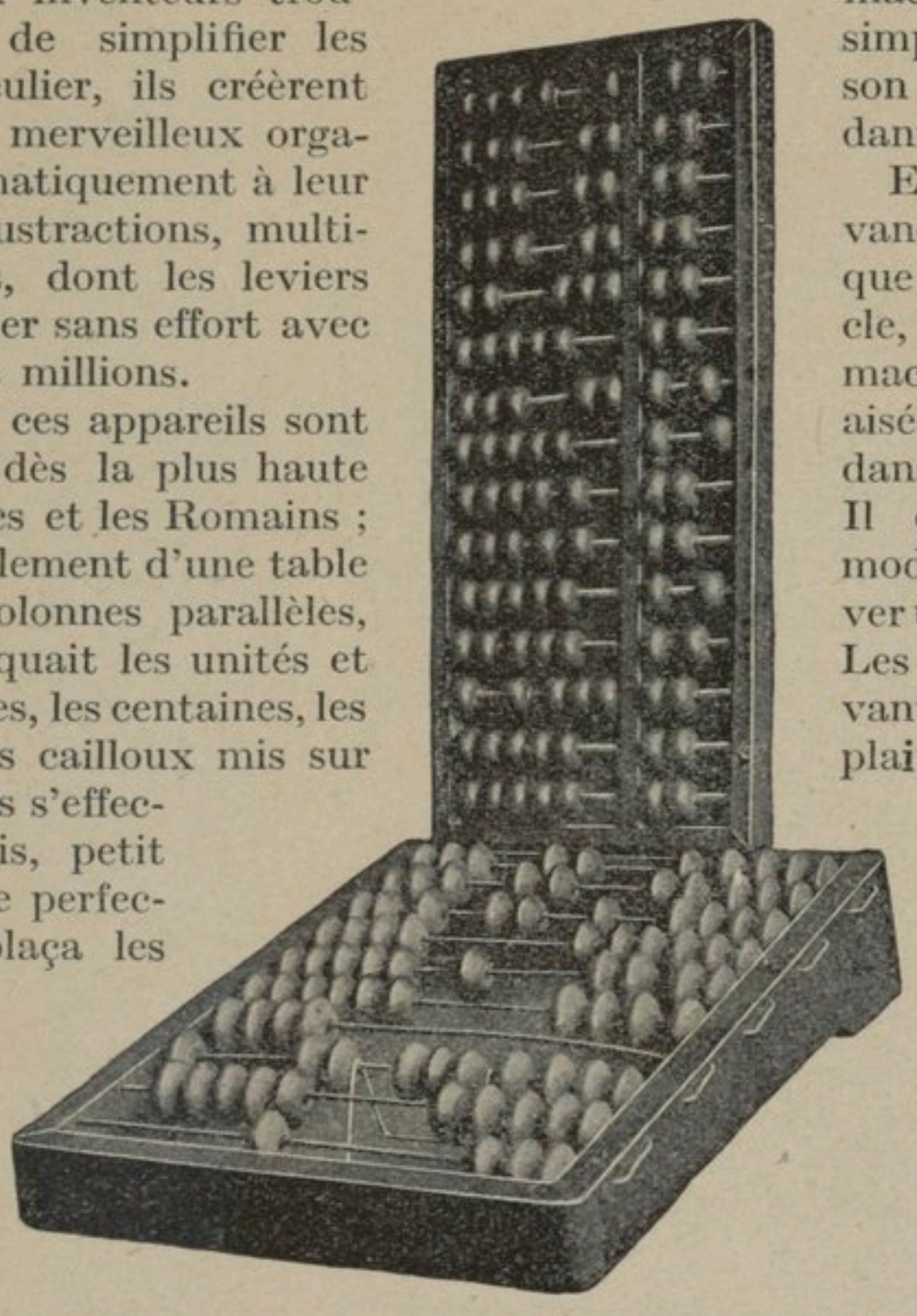
R. VERNIER.

LES MACHINES A CALCULER ET LEUR UTILISATION PRATIQUE

Par Jacques BOYER

Le commerçant comme l'ingénieur, l'industriel aussi bien que le savant ou le financier, ont souvent à effectuer de longs et pénibles calculs. Aussi, dès l'origine de la civilisation, l'humanité chercha, sinon à s'affranchir de cette obligation, du moins à la rendre moins pesante, et, au cours des siècles, d'ingénieux inventeurs trouvèrent les moyens de simplifier les opérations. En particulier, ils créèrent des machines dont les merveilleux organes effectuèrent automatiquement à leur place additions et soustractions, multiplications ou divisions, dont les leviers et les roues surent jongler sans effort avec les chiffres de plusieurs millions.

Les plus simples de ces appareils sont les *abaques*, inventés dès la plus haute antiquité chez les Grecs et les Romains ; ils se composaient simplement d'une table divisée en plusieurs colonnes parallèles, dont la première indiquait les unités et les suivantes les dizaines, les centaines, les mille, etc. Grâce à des cailloux mis sur ces colonnes, les calculs s'effectuaient aisément. Puis, petit à petit, les abaques se perfectionnèrent ; on remplaça les pierres par des boutons qui glissaient dans une rainure ou sur des tiges. Ce furent les *bouliers* connus en Chine depuis un temps immémorial sous le nom de « souan-pan » et dont les Célestes se servent encore. Les Russes les emploient aussi fréquemment et les appellent « stchoty ».



BOULIERS RUSSES ET CHINOIS

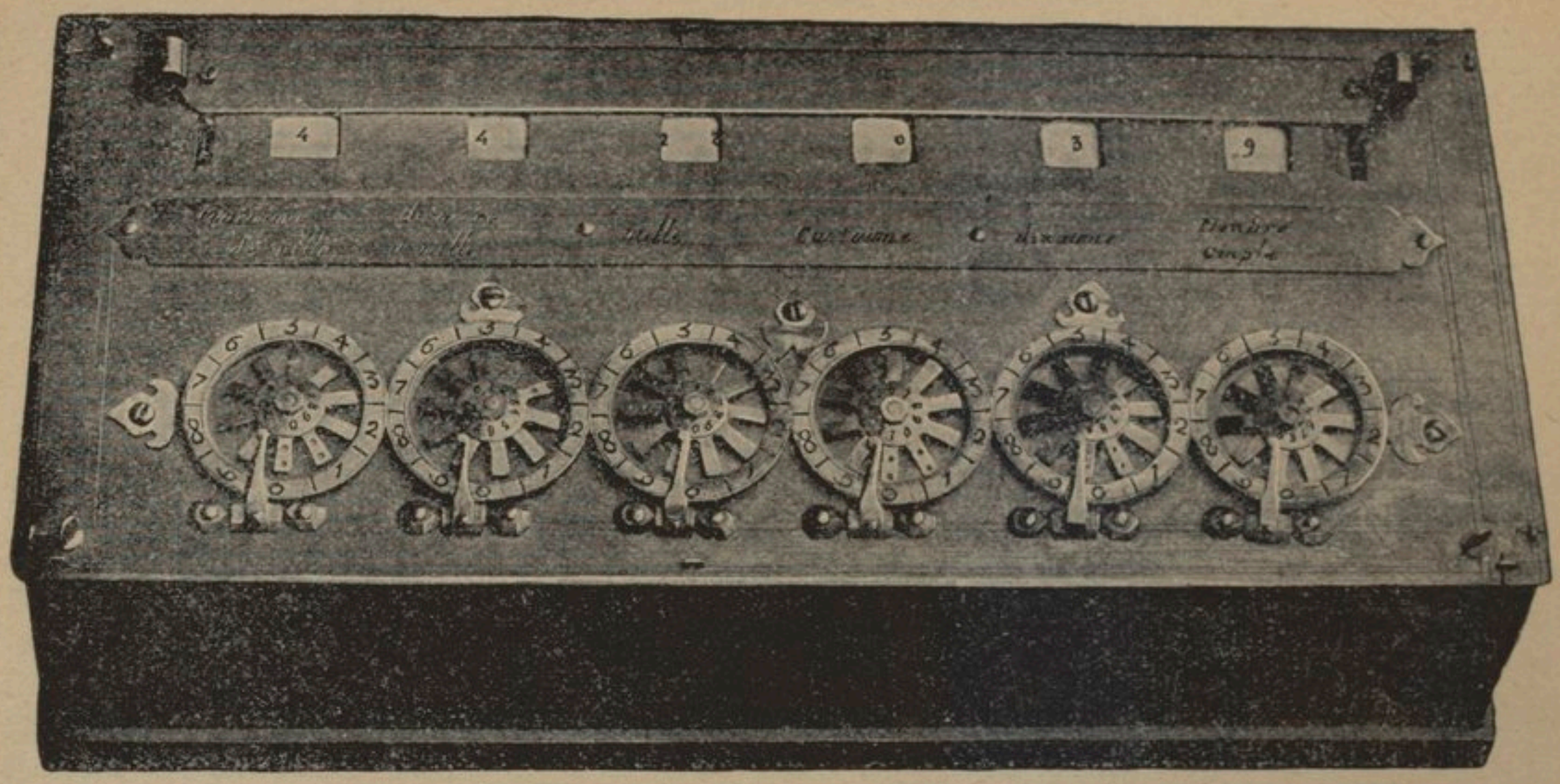
Le « boulier », connu en Chine depuis un temps immémorial, se compose d'un cadre traversé par dix tringles, sur lesquelles dix boules glissent librement. Les combinaisons de ces boules permettent d'exécuter les quatre opérations arithmétiques.

On rencontre aujourd'hui dans nos écoles primaires des *bouliers-compteurs* qui ressemblent beaucoup aux précédents et permettent aux enfants d'apprendre aisément les principes élémentaires de la numération.

Mais avec les bouliers, on doit effectuer manuellement les opérations arithmétiques, sans le secours d'engrenages ou de ressorts, sans le moindre mécanisme. Il fallut tout le génie de Pascal pour entrevoir la possibilité de les exécuter par le moyen de mouvements mécaniques (1642). Le génial savant avait alors dix-neuf ans, et il inventa cette machine dans le but de simplifier les comptes de son père, comme surintendant de Normandie.

Etant donné le peu d'avancement de la mécanique pratique au XVII^e^ siècle, la réalisation de cette machine était chose peu aisée et entraîna Pascal dans d'énormes dépenses. Il en fabriqua plusieurs modèles avant d'en trouver un qui fonctionnât bien. Les photos de la page suivante représentent l'exemplaire du Conservatoire des Arts et Métiers. A l'intérieur du couvercle se lit l'inscription ci-après : « *Esto probati instrumenti symbolum hoc. Blasius Pascal arvernus inventor. 20 may 1652.* » dont voici la traduction : « Que cette signature soit le signe d'un instrument éprouvé. Blaise Pascal, auvergnat inventeur, 20 mai 1652. »

Comme on le voit par nos gravures, la machine du célèbre penseur ressemble à un coffret dont le dessus est percé de lucarnes où apparaissent les chiffres de l'opération. Le long de cette série d'ouvertures se trouvent placées des roues, grâce auxquelles on peut inscrire les chiffres des divers nombres à totaliser. En outre, ainsi que nous allons

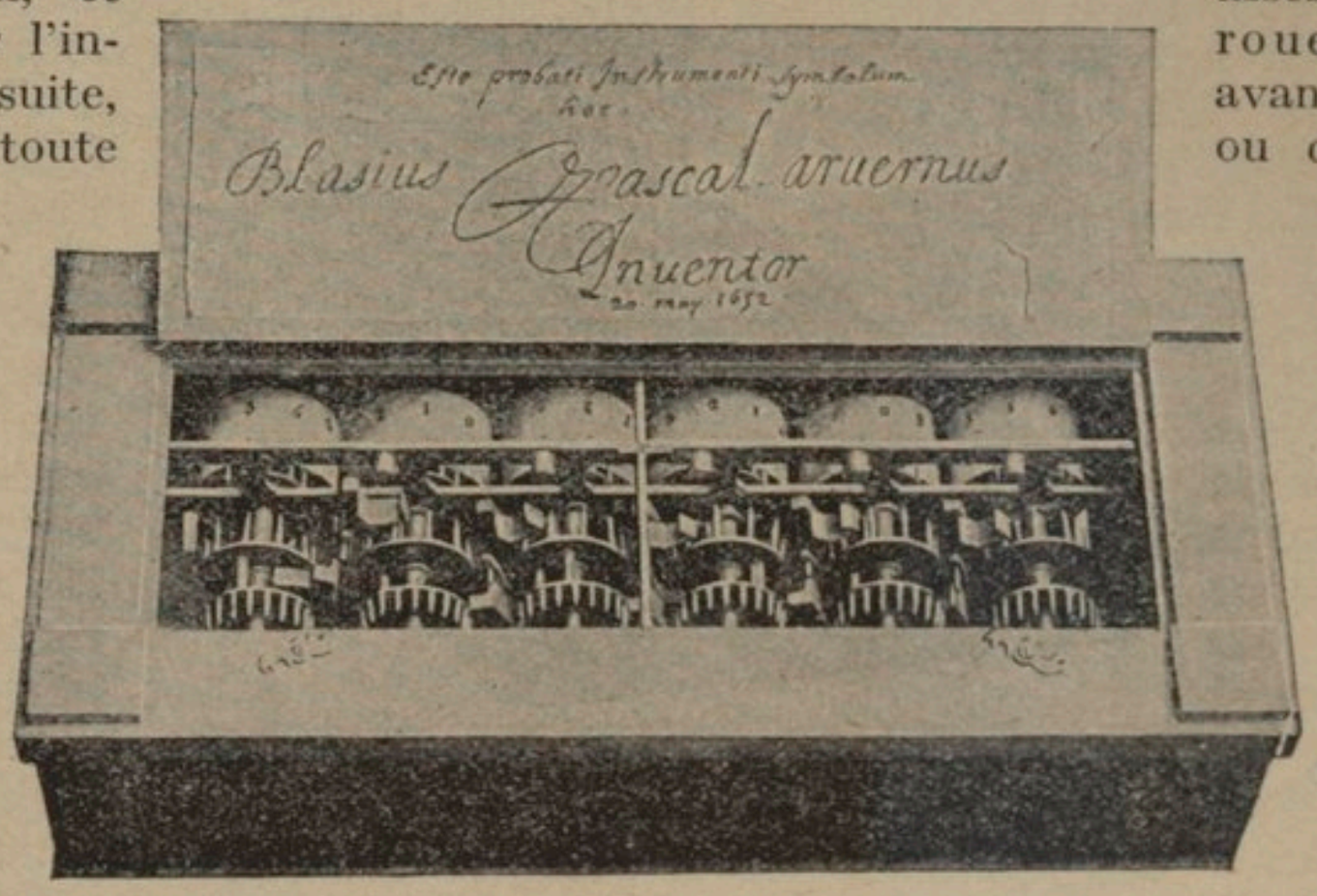


MACHINE ARITHMÉTIQUE INVENTÉE AU XVII^{e} SIÈCLE PAR PASCAL

Cette machine ressemble à un coffret dont le dessus est percé de lucarnes où apparaissent les chiffres de l'opération. Le long de cette série d'ouvertures se trouvent placées des roues, grâce auxquelles on peut inscrire les chiffres des nombres à totaliser. Un dispositif spécial permet également les soustractions.

le voir tout à l'heure, un dispositif spécial permet aussi d'effectuer les soustractions.

Successivement perfectionnée et simplifiée par Samuel Morland, Poleni, Lépine, Hillerin de Boistissandeau et autres, la conception primitive de Pascal fut surtout rendue pratique par le Dr Roth. Mais avant d'aller plus loin, et afin de faciliter l'intelligence de la suite, constatons que toute machine arithmétique comprend quatre organes essentiels correspondant aux quatre règles du calcul : le *générateur*, le *reproducteur*, le *renverseur* et *l'effaceur*. Dans le totaliseur de Pascal, comme dans l'appareil de Roth, le *générateur*, évidemment des plus rudimentaires, est constitué par un crayon ou une simple tige métallique que l'on tient à la main.



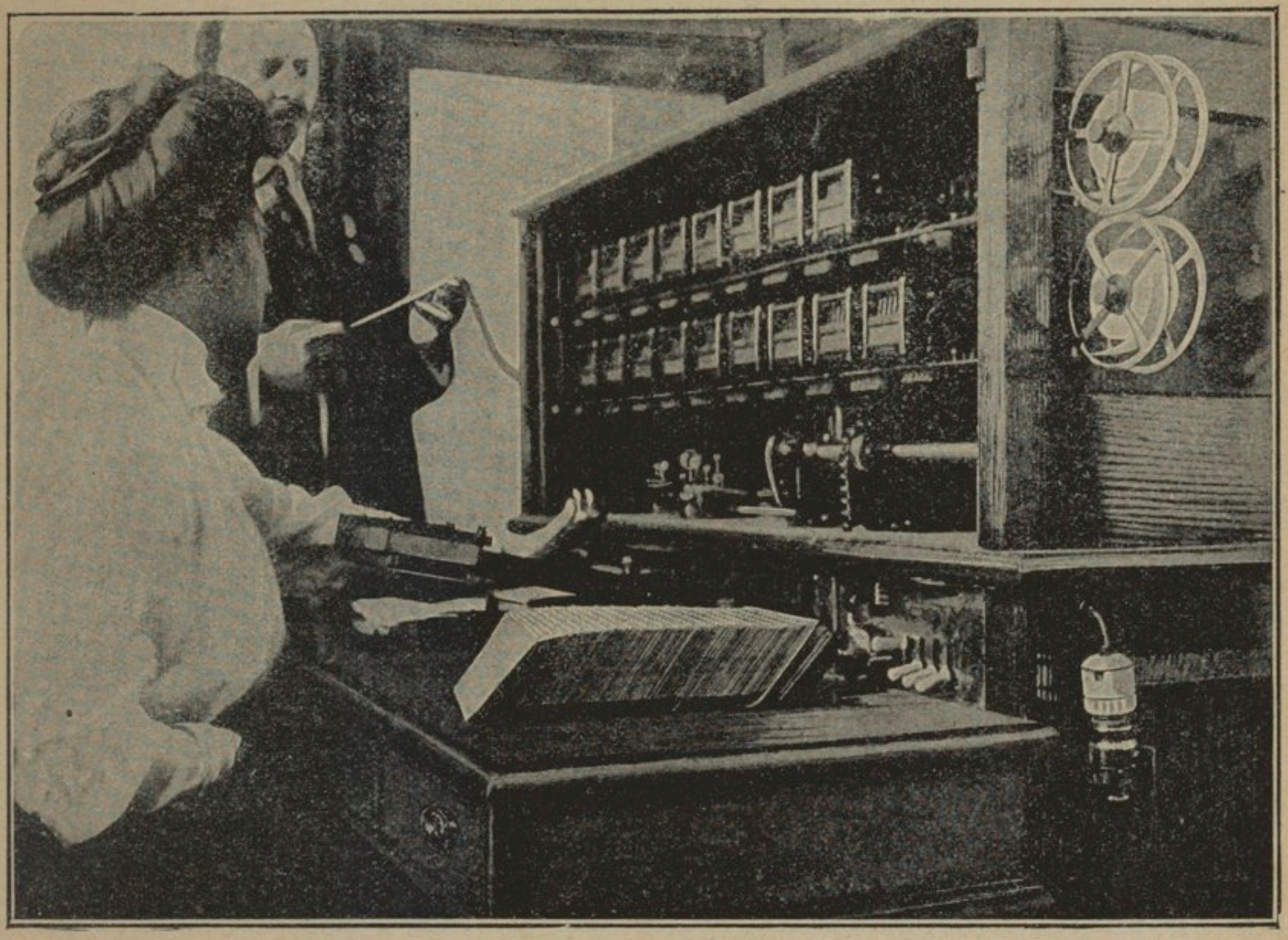
VUE DU MÉCANISME INTÉRIEUR DE LA MACHINE A CALCULER DE BLAISE PASCAL

Le *reproducteur* se compose de roues ou de cylindres à 10 ou 20 dents ou cannelures et montés sur des axes parallèles. La première roue à droite représente les unités, la seconde les dizaines, la troisième les centaines, etc. Chacune d'elles porte une ou deux fois les chiffres de 0 à 9 et se trouve placée derrière une tablette garnie d'une fenêtre à travers laquelle on n'aperçoit qu'un seul chiffre. Grâce à un mécanisme assez compliqué, une roue quelconque avance d'une division ou d'une dent lorsqu'on fait progresser la roue à sa droite de 10 divisions à partir de 0. On rencontre des dispositions pareilles dans les compteurs à eau, à gaz, dans ceux que l'on voit, par exemple, sur le bord des billards et qui servent aux joueurs pour marquer leurs carambolages, dans les *taximètres*, *taxemètres* ou *taxamètres* que portent les voitures et les automobiles de Paris, ou d'ailleurs, et qui indiquent au voyageur le prix à payer.

Passons maintenant au troisième organe des machines arithmétiques, le *renverseur*.

qui transforme l'addition en soustraction et la multiplication en division. Dans l'appareil de Pascal, chacun des cylindres chiffrés, qu'un engrenage à angle droit relie à la roue correspondante apparente sur la face supérieure de la boîte, porte deux graduations en sens opposés sur deux cercles parallèles, de manière que la somme des chiffres des deux graduations soit toujours égale à 9. Ainsi l'adjonction de 5 unités d'un ordre quelconque sur l'une des échelles numérotées donne une soustraction de 5 unités sur l'autre. Enfin, le quatrième organe, nommé *effaceur*, ramène tous les chiffres à zéro. Il joue un rôle identique à celui de la gomme ou du grattoir sur le cahier de calcul de l'écolier.

La machine de Pascal et toutes ses dérivées possèdent les trois derniers organes, mais le générateur leur manque. Avec elles, on inscrit les nombres, chiffres par chiffres, au moyen de rotations convenables des roues. Aussi, dès 1851, Schilt eut-il l'idée de simplifier cette manœuvre par l'emploi de touches. Il réalisa une machine qui figurait à l'Exposition de Londres (1851) et que modifièrent par la suite divers inventeurs américains : Felt et Tarraut, Burroughs et autres. Au fur et à mesure de l'enregistrement, ces appareils inscrivent les nombres et fournissent également au bas de la colonne le total tout imprimé. D'ailleurs, comme la combinaison d'additionneurs imprimant à touches avec les enclenchements, se prête aux besoins



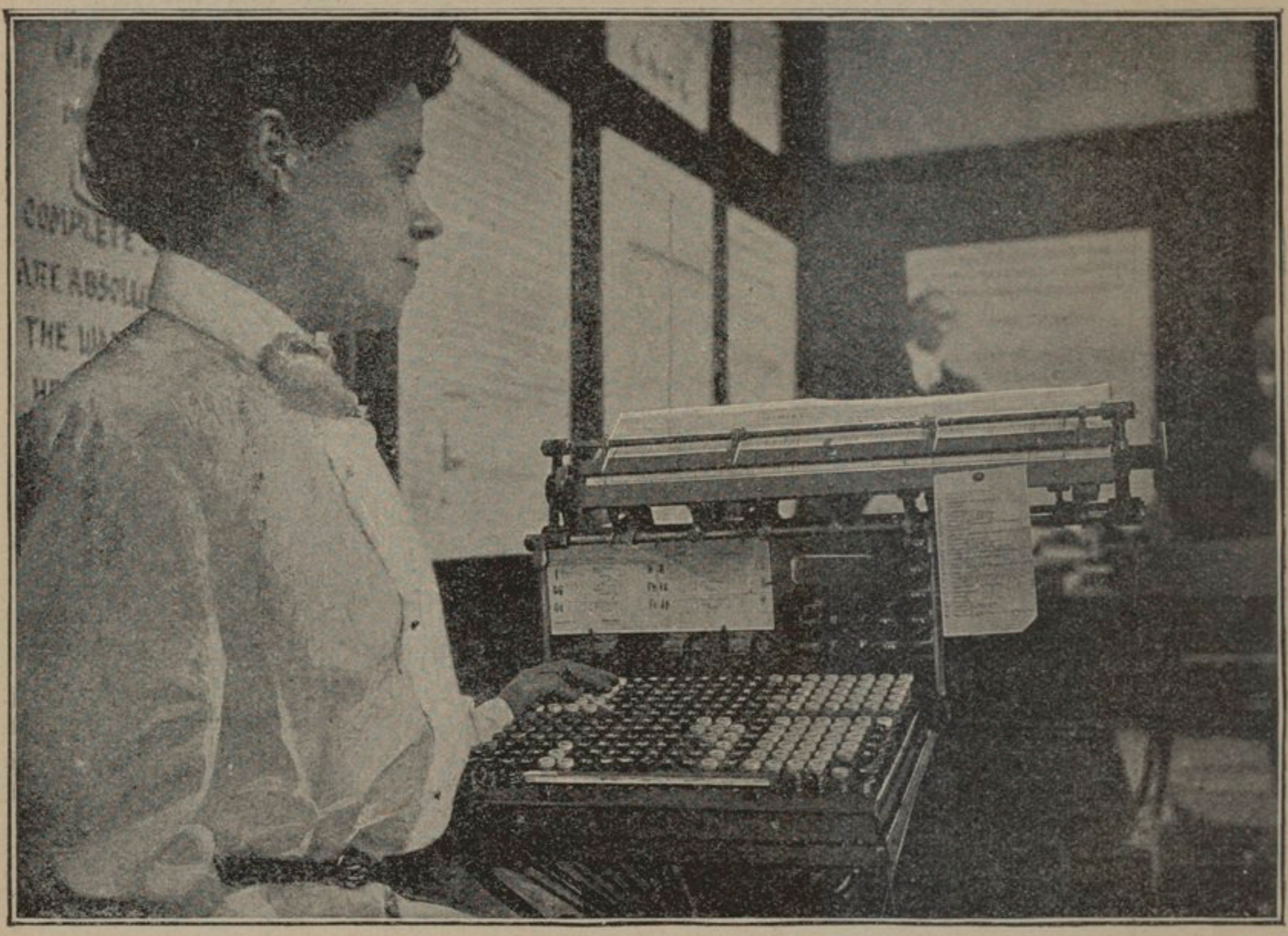
MACHINE A COMPTER HOLLERITH EMPLOYÉE PAR LE « CENSUS » AMÉRICAIN

Elle se compose d'un plateau fixe et d'un plateau mobile. Le plateau fixe porte autant de trous qu'il y a de compartiments dans la carte. Sous le plateau et correspondant à l'axe de chacun de ses orifices, se trouve un tube vertical à moitié rempli de mercure ; des circuits électriques mettent tous ces tubes en relation avec un nombre égal de compteurs distribués sur un tableau, devant l'opératrice.

de la comptabilité commerciale, elle donna naissance à ces *caisses enregistreuses*, dont l'usage se généralise de plus en plus dans les magasins. La plupart de ces machines se construisent dans les ateliers des frères Patterson, à Dayton (Ohio), ateliers qui occupaient 4.000 ouvriers avant la guerre.

Signalons encore une autre caisse enregistreuse, la *Controle Fram*, très répandue en France dans le commerce de l'alimentation. Elle enregistre depuis 1 centime jusqu'à 999 fr. 99, et totalise jusqu'à 99.999 fr. 99. Les chiffres s'alignent sous les

doigts de l'opérateur, et on peut les corriger avant l'enregistrement sans recourir à un organe spécial. Quand l'employé, après avoir inscrit la somme, tourne la manivelle, le chiffre s'imprime sur une bande de papier avec certaines indications propres à faciliter le contrôle (nature des marchandises, numéro du vendeur, etc.) et à établir, chaque jour, le relevé exact des opérations effectuées. Par exemple, les recettes s'imprimement à gauche, dans une colonne de débit ; dans celle de droite se lisent les ventes à crédit, les dépenses, les rendus, etc. En outre, l'acheteur reçoit un ticket portant un numéro d'ordre, la date, la somme et la nature de ses achats, tandis qu'un talon contenant des indications absolument identiques à celles du ticket reste pour la caisse. Enfin, un timbre ou une sonnerie retentit chaque fois que la caisse fonctionne et avertit le patron que son employé vient d'enregistrer soit une recette, soit une dépense, une vente à crédit ou un rendu.



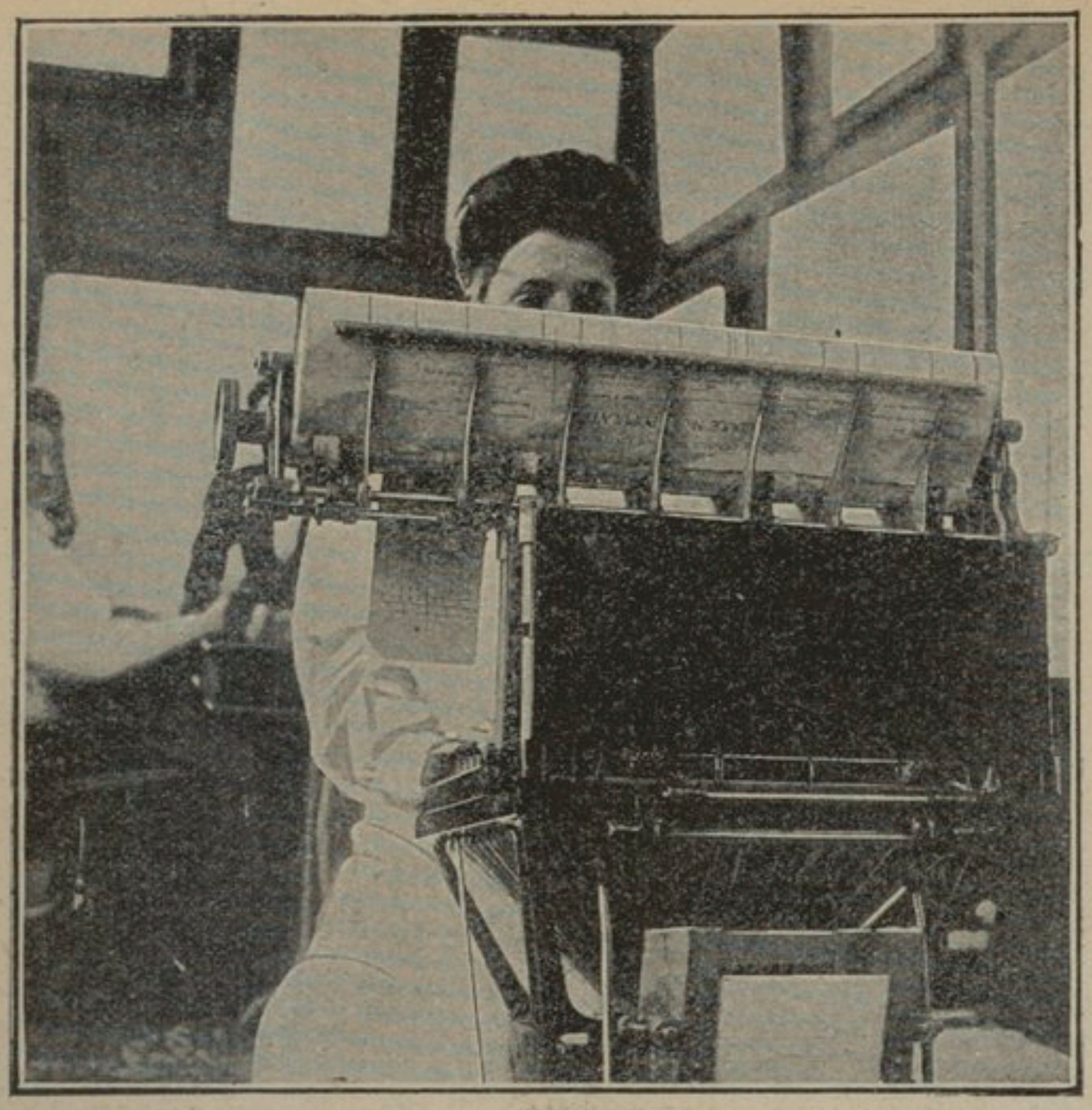
NOUVELLE MACHINE A PERFORER DU SYSTÈME POWERS

En principe, c'est une machine à écrire de 240 touches. La dactylographe, après avoir enregistré les indications, appuie sur une barre qui met en marche un moteur électrique et, immédiatement, les trous se trouvent perforés.

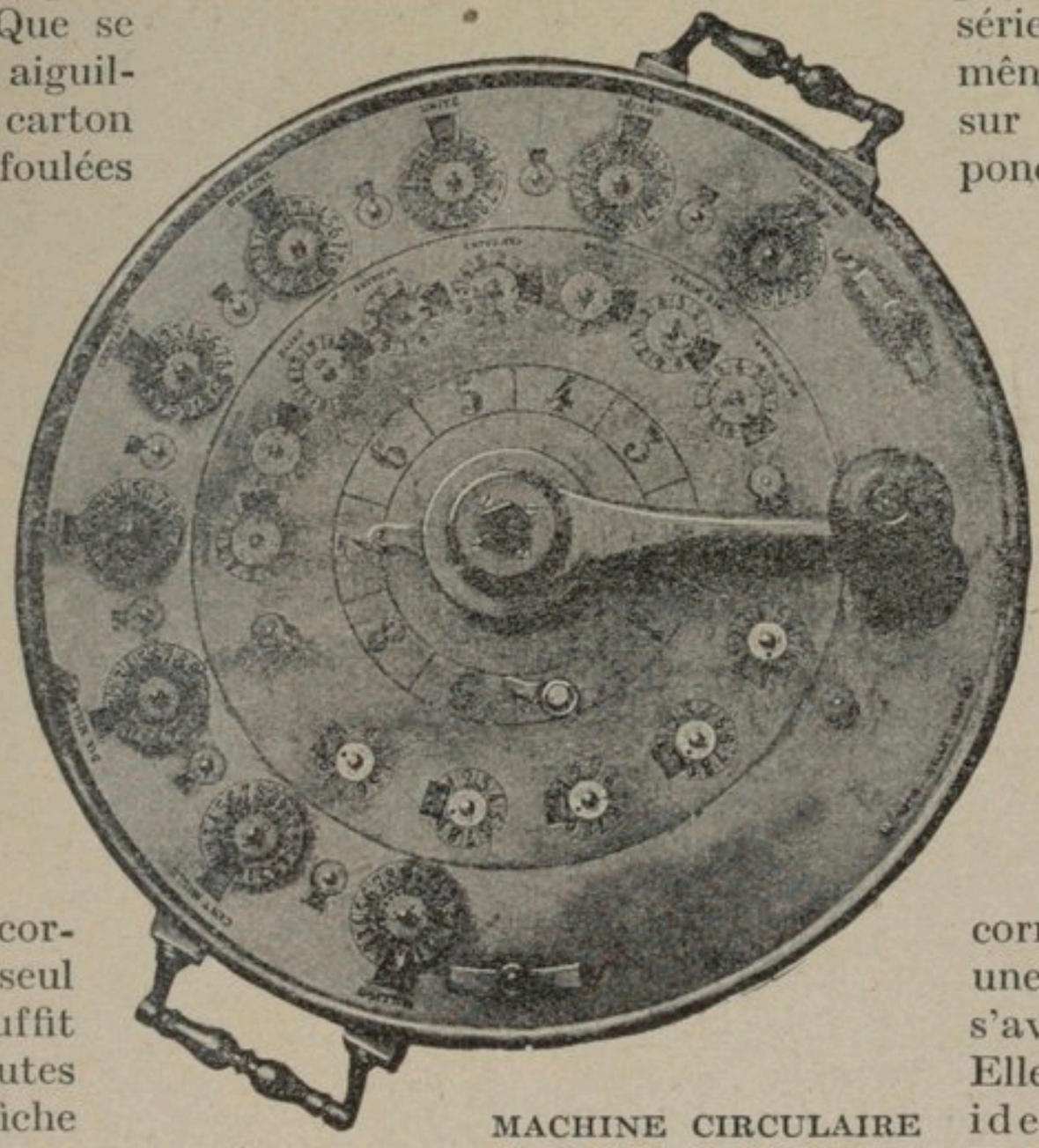
Dans les divers pays du monde, le *recensement* s'effectue également avec des enregistreurs et autres appareils à simplifier le dépouillement. Jusqu'à ces dernières années, ces opérations n'offraient rien de bien particulier, sinon leur extrême lenteur. Une fois les bulletins arrivés au service compétent, une armée d'employés s'en emparait, passait des mois, voire des années, à lire, à classer et à pointer ces monceaux de papier : travail pénible qui exigeait un temps énorme, et, par suite, une forte dépense. Et cependant, l'Américain Hollerith avait imaginé, depuis longtemps déjà, une ingénieuse machine destinée à simplifier les monotones travaux des statisticiens du Census de Washington. Notre pays suivit, mais beaucoup plus tard, l'exemple des Etats-Unis.

A l'imitation du système Jacquart, Hollerith eut l'idée de traduire dans un langage conventionnel toutes les données statistiques, puis de les reporter sur une fiche en perforant les cases correspondantes. Une fois ces bulletins ainsi préparés, la machine s'en empare. Celle-ci se compose d'un pla-

teau mobile. Le plateau fixe porte autant de trous qu'il y a de compartiments dans la carte. Sous le plateau, et correspondant à l'axe de chacun de ces orifices, se trouve un tube vertical à moitié rempli de mercure; des circuits électriques mettent tous ces tubes en relation avec un nombre égal de compteurs disposés sur un grand tableau. Quant au plateau mobile, il comprend, en regard des trous du plateau fixe, de petits ressorts à boudin terminés par une aiguille. L'opérateur place la fiche perforée sur le plateau fixe et abaisse le plateau mobile. Que se passe-t-il? Là où les aiguilles rencontreront le carton plein, elles seront refoulées en comprimant leurs ressorts, tandis que partout, au contraire, où le bulletin est perforé, l'aiguille, après avoir traversé à la fois la carte et le plateau inférieur, s'enfoncera dans le mercure du tube inférieur, établissant ainsi un courant qui fera avancer d'un cran l'aiguille du compteur correspondant. Un seul coup de balancier suffit pour enregistrer toutes les données de la fiche et les additionner su leurs compteurs respectifs. Plus récemment, M. L. March imagina dans le même but le *classicompteur* qui réalisait un important progrès sur le précédent,



VUE ARRIÈRE DE LA MACHINE POWERS



MACHINE CIRCULAIRE
INVENTÉE PAR LE DOCTEUR ROTH (1847)

en évitant la perforation des fiches. Cette machine se compose d'un clavier de 60 touches réparties en six rangées disposées sur un plateau portant l'indication du renseignement à laquelle chacune d'elles correspond. Le classicompteur doit, en effet, reproduire, totaliser et imprimer les indications figurant sur le bulletin individuel (commune de recensement, sexe, date et lieu de naissance, résidence, profession, etc.).

La machiniste met donc, sur le pupitre placé à sa gauche, une série de bulletins d'une même catégorie et appuie sur les touches correspondantes aux renseignements portés sur chacun d'eux, qu'elle déchiffre successivement. Les touches restent abaissées lorsqu'elle n'agit pas sur la manette sise à gauche du classicompteur. Mais quand l'opératrice manœuvre ce levier, elle relève les touches abaissées, et six compteurs, correspondant chacun à une de ces touches, s'avancent d'une unité. Elle dépouille de façon identique et rapidement un second bulletin, et ainsi de suite.

Une fois la pile de feuilles épuisée, l'employée abaisse le cadre mobile constitué par une série de rouleaux horizontaux dis-

posés sur le devant de chaque machine. Les totaux de la tablette chiffrée s'impriment alors sur le papier. Pour remettre au zéro le classicompteur, il suffit de tourner la manivelle placée en arrière de la manette. D'autre part, un ingénieux dispositif permet de vérifier le travail exécuté. Pour cela, en même temps que le compteur s'avance d'un cran, une aiguille correspondant à chaque inscription, perfore une feuille de papier. Après un dépouillement, on met le papier troué sur un châssis et il passe devant une réglette divisée qui porte des inscriptions concordant aux renseignements des fiches. On lit une ligne de trous comme des signaux Morse et la traduction doit être conforme au bulletin. Ces vérifications subissent elles-mêmes un second contrôle par épreuves, afin de réduire au minimum les chances d'erreurs. Grâce aux classi-compteurs, les opératrices du recensement parviennent à dépouiller par heure environ 1.500 bulletins renfermant une moyenne de 9.000 indications. Comme on le voit, ce classement mécanique est très rapide, et, partant, extrêmement économique.

ARITHMOMÈTRE DE THOMAS, DE COLMAR (1820)

Un certain nombre d'établissements financiers emploient cet instrument, qui se compose d'une plaque métallique horizontale fixe sur laquelle on peut inscrire le multiplicande ou le diviseur, grâce à des boutons poussés dans des rainures.

Le système de M. James Powers, mécanicien expert du Census des Etats-Unis, diffère notablement de ceux d'Hollerith et de March. D'abord, la perforation ne s'exécute plus à la main, mais au moyen de l'électricité. La nouvelle machine à perforer ressemble, *grosso modo*, à une machine à écrire de 240 touches. L'opérateur, au lieu d'exécuter un trou à chaque fois, peut presser autant de touches qu'il est nécessaire. Une fois toutes les indications enregistrées au moyen de ces dernières, il appuie sur une barre, analogue à la traverse d'espacement des lignes dans une machine à écrire, et qui met en marche un moteur électrique. Immédiatement les trous se trouvent perforés sans le moindre effort de la part de l'opérateur. Aussi, tandis que l'ancien appareil du Census américain pouvait seulement perforer 900 bulletins par jour, la nouvelle machine en transperce exactement 4.000 dans le même temps.

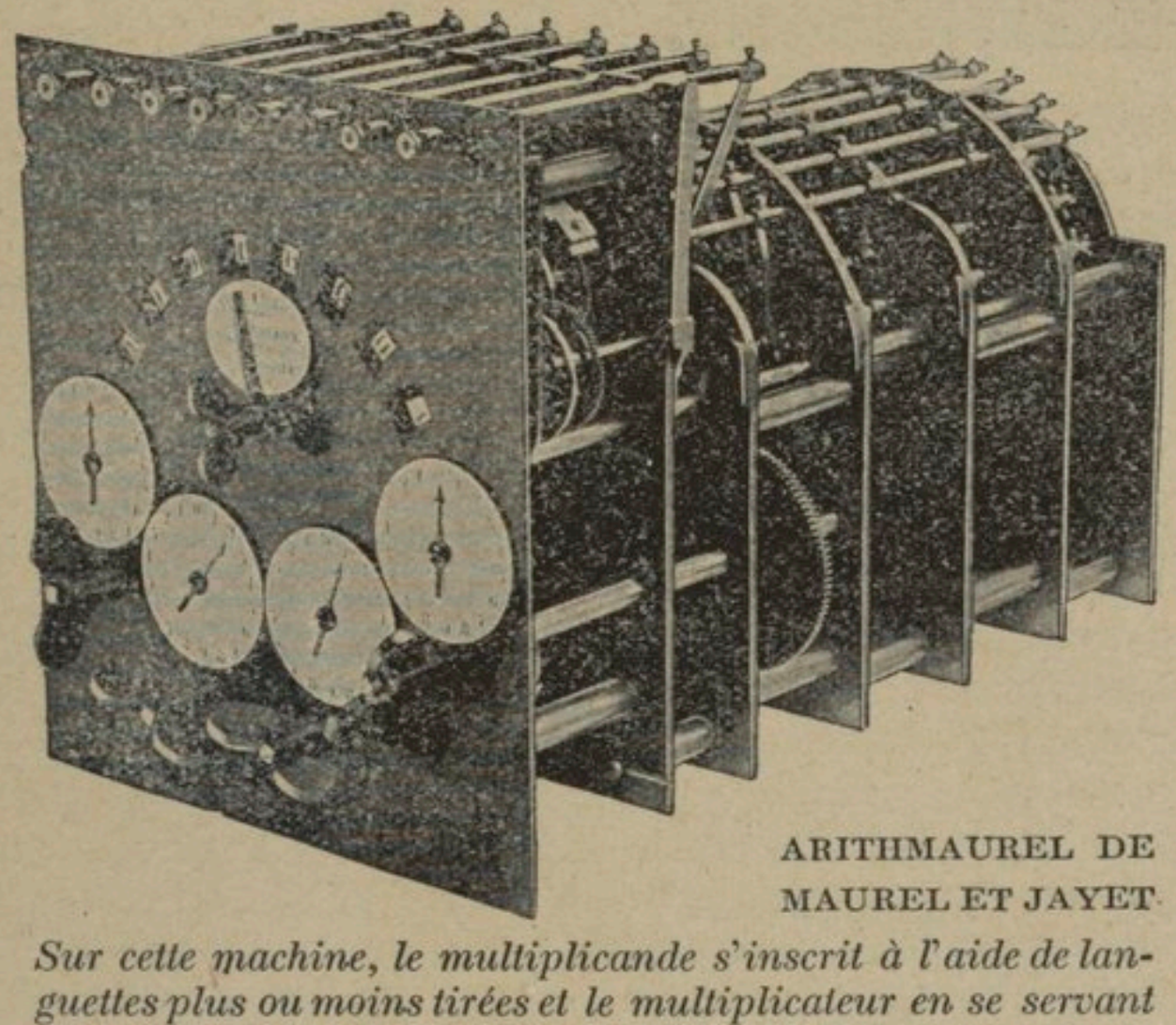
Une fois les bulletins perforés ils passent dans les nouvelles machines à additionner. Comme dans le système Hollerith, le travail est fait par une presse dont le plateau inférieur fixe porte autant de godets qu'il y a de trous possibles dans la carte perforée. Une goutte de mercure gît au fond de ces récipients, qui communiquent chacun avec une petite pile.

D'autre part, dans le plateau supérieur sont implantées un nombre égal d'aiguilles montées sur un petit ressort à boudin. Quand on introduit la carte dans la presse et qu'on abaisse le plateau supérieur, partout où il n'y a pas de trou percé, l'aiguille correspondante du plateau supérieur est arrêtée, mais lorsqu'elle se trouve au niveau d'un orifice, elle y pénètre, vient baigner dans la goutte de mercure et il s'établit un courant qui actionne l'aiguille d'un cadran compteur portant les diverses indications statistiques. Un système de numérotage et d'impression automatique est en relation avec chaque cadran, et quand un employé désire lire les chiffres qui y sont portés, il lui suffit de presser sur un bouton pour qu'ils se trouvent imprimés sur un ticket où il peut alors les voir et juger de leur exactitude.

Les cadrans se replacent automatiquement, tandis que dans les anciennes machines employées pour le précédent recensement américain, l'employé lisait les indications du cadran, les enregistrait à la main et replaçait l'aiguille de même, d'où chance d'erreurs et pertes de temps. Enfin, le travail journalier des anciennes machines se chiffrait par 18.000 cartes, tandis qu'avec

les appareils perfectionnés dus à M. Powers, on peut en dépouiller quotidiennement 28.000 environ. (Photos pages 348 et 349).

Mais revenons à la conception de Pascal, qui revêtit, comme nous l'avancions plus haut, une forme mécanique beaucoup plus satisfaisante dans la *machine Roth* (1847). Cet additionneur, de dimensions restreintes, repose sur le même principe, mais son mécanisme réduit l'effort à dépenser. La chiffraison s'inscrit le long d'un cercle décrit sur un disque, qu'une pointe introduite entre les dents fixées à sa tranche permet de faire tourner directement. La graduation de sens contraire relative à la soustraction est marquée en rouge sur un cercle concentrique au premier et chacun des chiffres vient apparaître à une lucarne distincte. En outre, les appareils de retenue, au lieu de fonctionner simultanément, marchent isolément à un très court intervalle, en sorte que la force à dépenser est bien moins intense. Enfin, la mise au zéro s'opère facilement. On tire un bouton, immédiatement le chiffre 9 apparaît à toutes les fenêtres de la graduation additive. Il suffit alors d'ajouter une unité ou, en d'autres termes, de faire avancer avec une pointe la première roue de droite d'une dent pour remplacer les 9 par des zéros.



ARITHMAUREL DE MAUREL ET JAYET

Sur cette machine, le multiplicande s'inscrit à l'aide de languettes plus ou moins tirées et le multiplicateur en se servant d'aiguilles, mobiles sur des cadrans chiffrés. Aussitôt ces manœuvres faites, le produit apparaît aux petites fenêtres que l'on voit au-dessus des cadrans.

Mais la gloire d'avoir construit la première machine capable d'exécuter rapidement les quatre opérations fondamentales de l'arithmétique revient à Thomas, de Colmar, directeur de la compagnie d'assurance « Le Soleil », car l'appareil inventé par Leibnitz et qu'on conserve à la Bibliothèque Royale de Hanovre n'est guère qu'une curiosité scientifique, une pièce de musée.

Réalisé en 1820, l'*arithmomètre Thomas* fut successivement perfectionné par le fils de l'inventeur, Thomas de Bojano et son constructeur, Payen. Depuis trois quarts de siècle, un grand nombre d'établissements financiers emploient cet instrument, qui se compose d'une plaque métallique horizontale fixe, sur laquelle on peut inscrire le multiplicande et le diviseur, grâce à des boutons poussés dans des rainures et d'une platine mobile sur laquelle une manivelle permet de faire apparaître le produit ou le dividende et le multiplicateur ou le quotient. Soit, par exemple, à multiplier par 25 le nombre figurant sur la lame fixe : l'opérateur donne 5 tours de manivelle, fait avancer d'un cran la plaque mobile, puis tourne encore deux fois la manivelle, et il n'a plus qu'à lire le produit dans les lucarnes. En ramenant en arrière un petit levier, la manivelle continuant toujours à tourner dans le même sens, la machine fonctionne pour la soustraction ou la division.

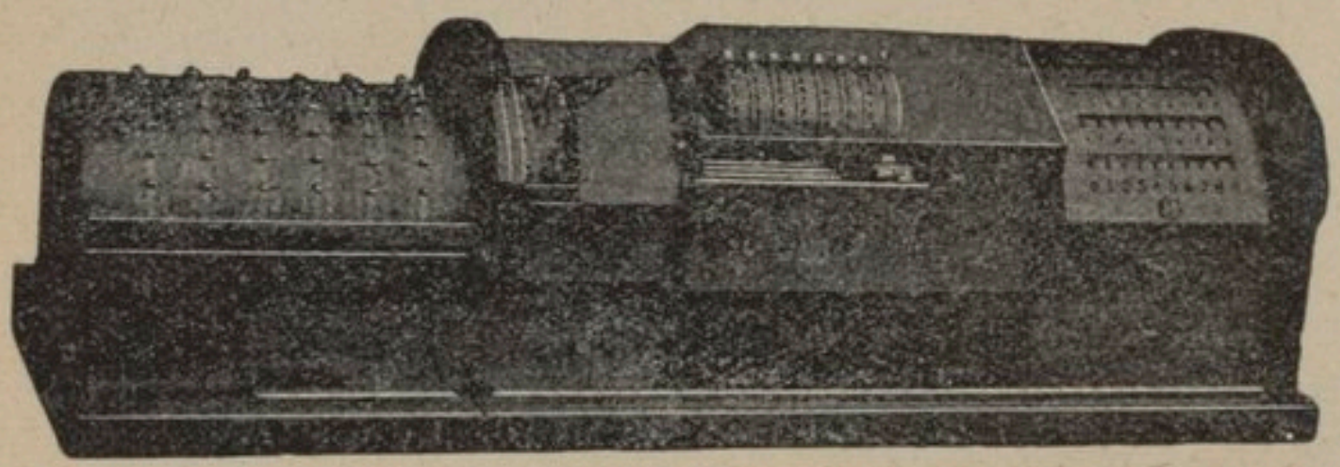
Rien qu'en France, l'arithmomètre Thomas s'emploie actuellement dans nombre d'établissements financiers, commerciaux ou autres.

De leur côté, Maurel et Jayet, reprenant l'idée de Thomas, inventèrent l'*arithmaurel*, qui fonctionnait avec une prodigieuse rapidité. Sur cette machine, le multiplicande s'inscrit à l'aide de languettes plus ou moins tirées et le multiplicateur, au moyen d'aiguilles, mobiles sur des cadrans chiffrés. Aussitôt ces manœuvres faites, le produit apparaît tout formé aux fenêtres.

L'illustre savant russe Tchebychef résolut un problème plus complexe. Il se proposa d'obtenir une machine à mouvements continus, uniformes au lieu de la marche saccadée et discontinue de l'arithmomètre Thomas. Effectivement, pendant un tour de manivelle, chaque pignon de celui-ci tourne inégalement, s'arrête pendant que d'autres se mettent en marche. Avec l'appareil *Tchebychef*, quand on veut faire une multiplication, on inscrit le multiplicande et le multiplicateur à l'aide de boutons, puis on tourne la manivelle jusqu'à ce qu'elle s'arrête.

Les boutons du multiplicateur reviennent alors automatiquement à zéro, et on n'a qu'à lire dans les lucarnes ménagées dans l'appareil les chiffres du produit.

Mais les multiplications et les divisions



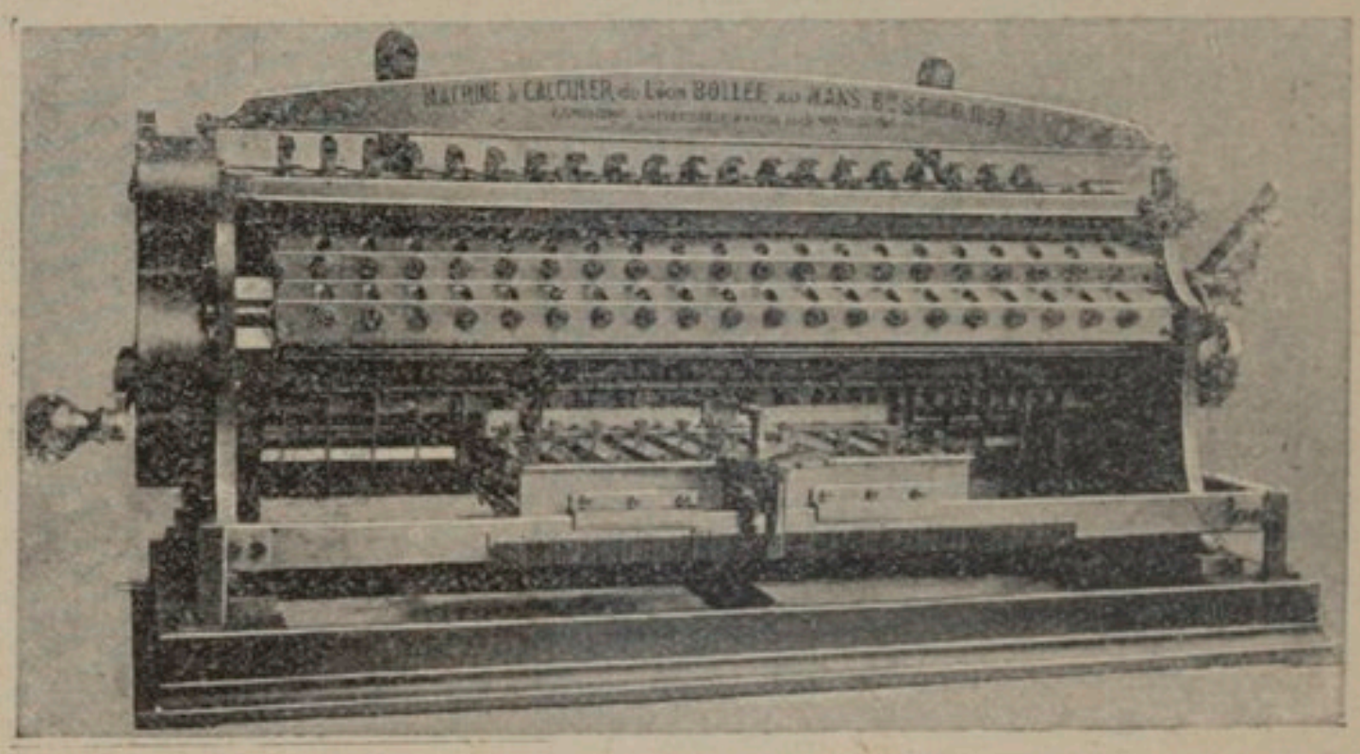
APPAREIL DU MATHÉMATICIEN RUSSE TCHEBYCHEF

Cette machine à mouvements continus uniformes constituait un progrès sur l'arithmomètre Thomas, à marche extrêmement saccadée et discontinue.

qu'exécutent les machines précédentes sont des additions ou des soustractions répétées. La machine inventée par *Léon Bollée* (1889) applique la table de Pythagore. Prenons un exemple. Soit à multiplier 456,78 par 98,7. Dans les machines ci-dessus, il fallait d'abord additionner 7 fois le nombre 456,78, puis, après avoir amené l'index aux unités, recommencer 8 fois l'addition ; enfin, pour les dizaines, répéter 9 fois le même mouvement : au total 24 opérations. Tandis qu'avec la machine Bollée, on exécute le même calcul en trois fois, soit environ une économie moyenne de temps de 80 %. On procède, en effet, par multiplications directes. Ici, le multiplicande s'inscrit, comme dans les arithmomètres, à l'aide de boutons mobiles dans les rainures. Les chiffres du multiplicateur se marquent au moyen d'un manipulateur mobile sur un cadran analogue à celui d'un appareil télégraphique. Reprenons l'exemple ci-dessus. Au moyen des boutons du calculateur, sorte de caisse métallique portant sur sa face supérieure dix rainures avec crans d'arrêt numérotés de 0 à 9 et pouvant glisser le long des règles, on forme le nombre 456,78 en poussant le curseur en face du chiffre 6 des unités ; puis, grâce à la manivelle, on écrit le multiplicateur en l'arrêtant successivement dans les crans 9, 8, 7. Après chaque arrêt, on donne un tour de la manivelle de gauche ; le produit vient s'inscrire sur les cadrans supérieurs en même temps que 987 apparaît dans les rainures inférieures. On glisse alors un ruban sur lequel on peut lire le résultat divisé en tranches de trois chiffres. On passe très aisément de la multiplication à la division par le jeu d'un simple levier.

La conception théorique de Bollée fut réalisée mécaniquement, de façon différente, par le *Millionnaire de Steiger* (1892), mais nous ne saurions y insister et nous passerons aux machines encore plus savantes, capables de calculer automatiquement les tables d'intérêts ou d'annuités, c'est-à-dire qui donnent les termes successifs des progressions arithmétiques des différents ordres. L'Anglais Ch. Babbage, encouragé par son gouvernement, livra le premier calculateur universel de ce genre fonctionnant de manière pratique. Mais ce n'était là qu'une ébauche pour le profond mathématicien. Il conçut un plan beaucoup plus vaste qu'il ne put achever, d'ailleurs, avant de mourir. Il voulait construire une machine capable de faire toutes les opérations arithmétiques sur n'importe quels nombres, même les plus élevés, et d'en fournir les résultats imprimés avec les signes algébriques de la suite des opérations.

Cet arsenal mathématique de Babbage devait se composer de trois parties différentes : un magasin dans lequel les nombres



MACHINE A CALCULER DE LÉON BOLLÉE (1889)

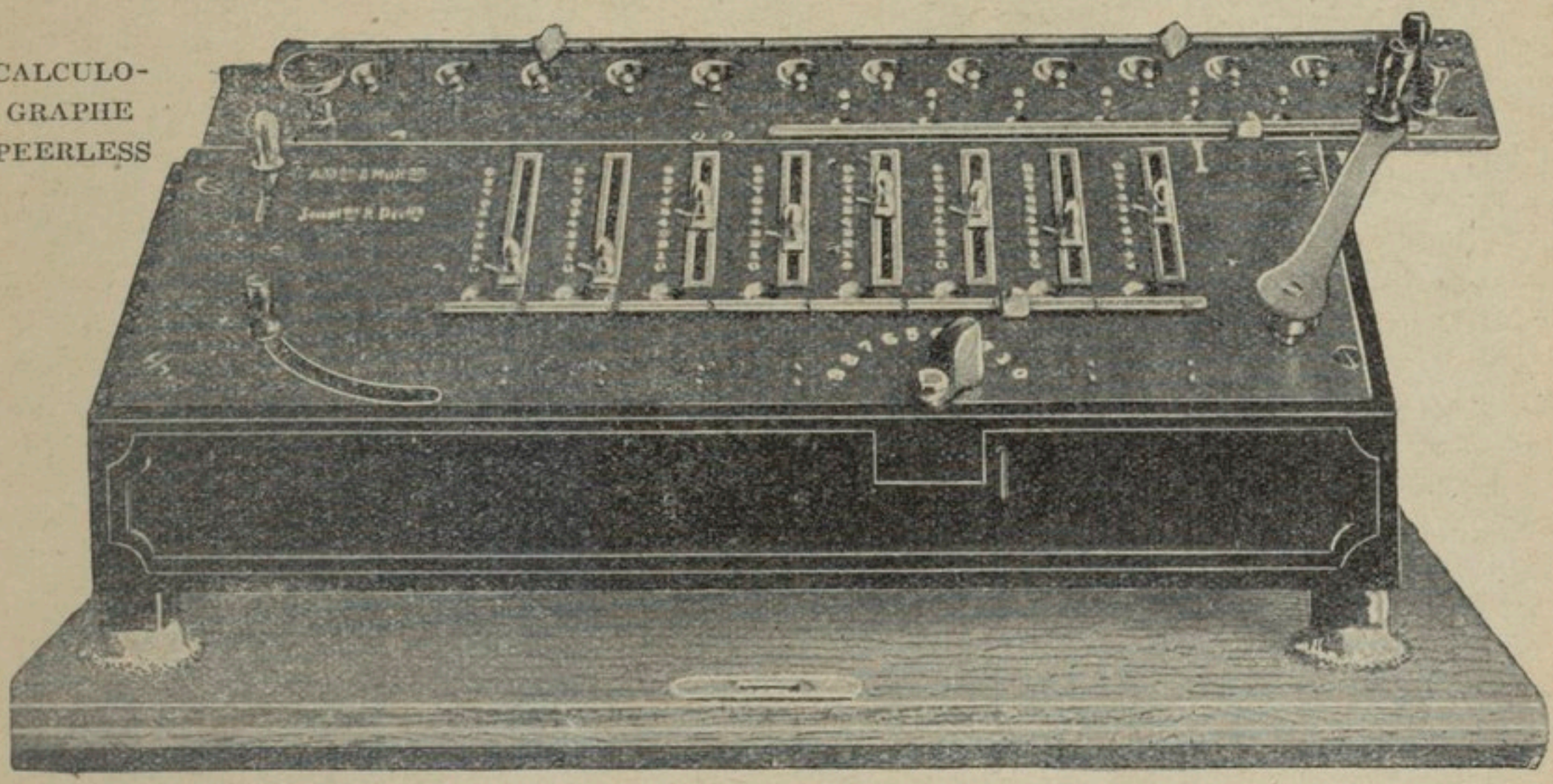
Au lieu d'exécuter des additions et des soustractions répétées, cet ingénieux appareil applique sans erreur possible la table de Pythagore aux calculs mécaniques.

à soumettre au calcul se trouvent inscrits sur des colonnes constituées par des piles de rondelles métalliques chiffrées sur leur pourtour ; un moulin où ces nombres sont transportés mécaniquement sur d'autres

colonnes entre lesquelles s'effectuent les opérations voulues, et un ordonnateur qui commande le jeu de la machine en vue des dites opérations et varie par conséquent avec elles. Ce dernier organe se trouve réalisé sous forme de plaques ajourées analogues aux cartons qui, dans le métier Jacquart, règlent l'entrelacement des fils et déterminent la composition des dessins. Grâce aux libéralités de la reine Victoria, le génial mathématicien put faire réaliser les milliers de pièces que comportait sa machine, mais il mourut avant d'en avoir achevé le montage.

De son côté, le *Calculographe Peerless*, basé sur les principes de l'arithmomètre et lancé peu de temps avant la guerre, possède quelques avantages. On peut exécuter avec lui les quatre opérations fondamentales, les problèmes d'intérêt ou de géométrie, les racines carrées et cubiques, etc., mais cet appareil convient plus particulièrement pour les multiplications et les divisions. En outre, il est muni d'une disposition de virgules à coulisses, fort ingénieuse, pour les opérations de nombres décimaux. Son maniement est simple, et en moins d'une heure d'appren-

CALCULOGRAPHE PEERLESS



Cette machine résout toutes les opérations de l'arithmétique (addition, soustraction, extraction des racines carrées, etc.). La manivelle placée à droite sert à entraîner les divers rouages.

Deux Suédois, Georges Scheutz et son fils, Edouard, encouragés par leur souverain et par l'Académie des sciences de Stockholm, construisirent une machine quelque peu semblable à la précédente et qui figura avec honneur à l'Exposition universelle de 1855, puis elle fut achetée par un riche Américain, qui l'offrit à l'Observatoire Dudley, d'Albany (Etats-Unis). Ressemblant à un petit piano, on peut obtenir, au moyen de chaque tour de manivelle, les termes successifs de progressions arithmétiques du premier jusqu'au quatrième ordre. En outre, ce merveilleux instrument ne se contente pas d'être un arithméticien consommé, il stéréotype ses calculs ou, en d'autres termes, il imprime les résultats en creux sur des lames de plomb. On en tire ensuite des clichés en relief avec lesquels on peut éditer des tables de logarithmes et de sinus irréprochables. Un autre Suédois, Vibera, simplifia le mécanisme de la machine de Scheutz, dont il réduisit les proportions sans en amoindrir l'utilité.

tissage, tout le monde peut s'en servir. Contrairement à ce qui a lieu avec les autres machines, la manivelle tourne toujours dans le même sens, c'est-à-dire de gauche à droite, ce qui est une grande supériorité, puisque cela supprime une cause bien connue d'erreurs. Lorsque l'on marque les données d'un problème, elles se trouvent reproduites immédiatement et automatiquement dans les lucarnes de contrôle placées au bas du cadran sur lequel on les avait indiquées, ce qui est une vérification infaillible.

La mise à zéro, aussi bien sur le cadran que sur le chariot, est automatique, de sorte qu'on ne saurait oublier aucun chiffre. Sur le cadran marqueur, les boutons n'ont pas besoin d'être glissés un à un : un dispositif fort ingénieux permet de les descendre tous à la fois en un seul mouvement. Enfin, toute erreur est impossible, grâce à un avertisseur à sonnerie, qui joue un rôle très important, surtout pour les divisions.

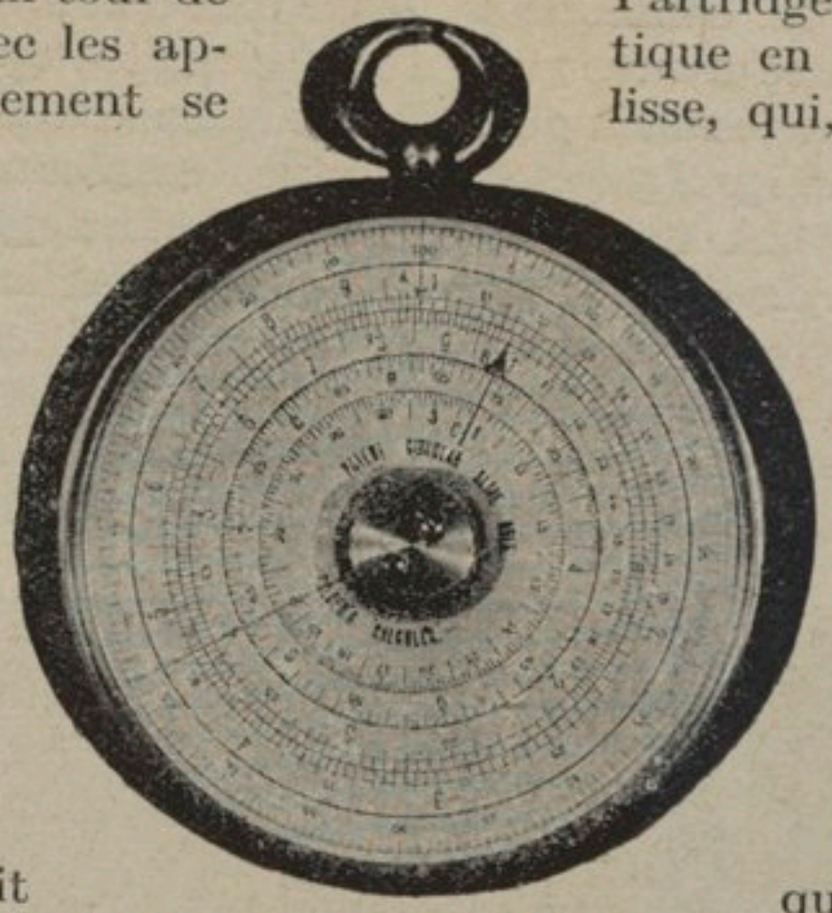
La plus récente innovation du calculo-

graphe consiste en un secteur qui offre les importants avantages suivants :

Pour chaque opération, on économise du temps, car au lieu de faire un tour de manivelle entier, comme avec les appareils similaires, le mouvement se réduit à un tiers de tour.

De plus, le secteur est combiné avec un système de blocage dans le but d'éviter toute erreur ; par exemple, lorsqu'avec une machine à calculer, on veut multiplier un nombre par 6, il arrive fréquemment que, dans la vitesse, on donne 7 tours au lieu de 6 ; pour rectifier cette erreur on perd bien du temps. Avec le calculographe, si l'on fait une multiplication par 6, il faut mettre le secteur à ce nombre, puis tourner simplement deux fois la manivelle.

Cependant, indépendamment de ces machines fournissant des résultats exacts, il en existe d'autres, suffisantes pour bien des applications pratiques et qui donnent seulement des nombres approchés. Nous distinguerons parmi elles les *règles à calcul*, si répandues dans les usines américaines, anglaises, allemandes, et malheureusement trop peu connues des ingénieurs et contremaîtres de France. Cet outil remonte à Neper et n'est, somme toute, que la table de logarithmes mise sur bâtons. Seth Partridge la rendit encore plus pratique en inventant le modèle à coulisse, qui, perfectionné par les frères Jones, Lenoir et ses successeurs, Tavernier et Gravet, atteint aujourd'hui une remarquable précision. Citons au nombre des types les plus appréciés actuellement : la règle Mannheim à échelles repliées et à curseur, la règle pourvue d'une loupe, construite sur les indications de Lallemand pour la commission du cadastre, et la règle Beghin, que des dispositions particulières rendent capable d'effectuer, par un unique déplacement de réglette, le produit de trois facteurs ou le quotient d'un nombre par le produit de deux autres.

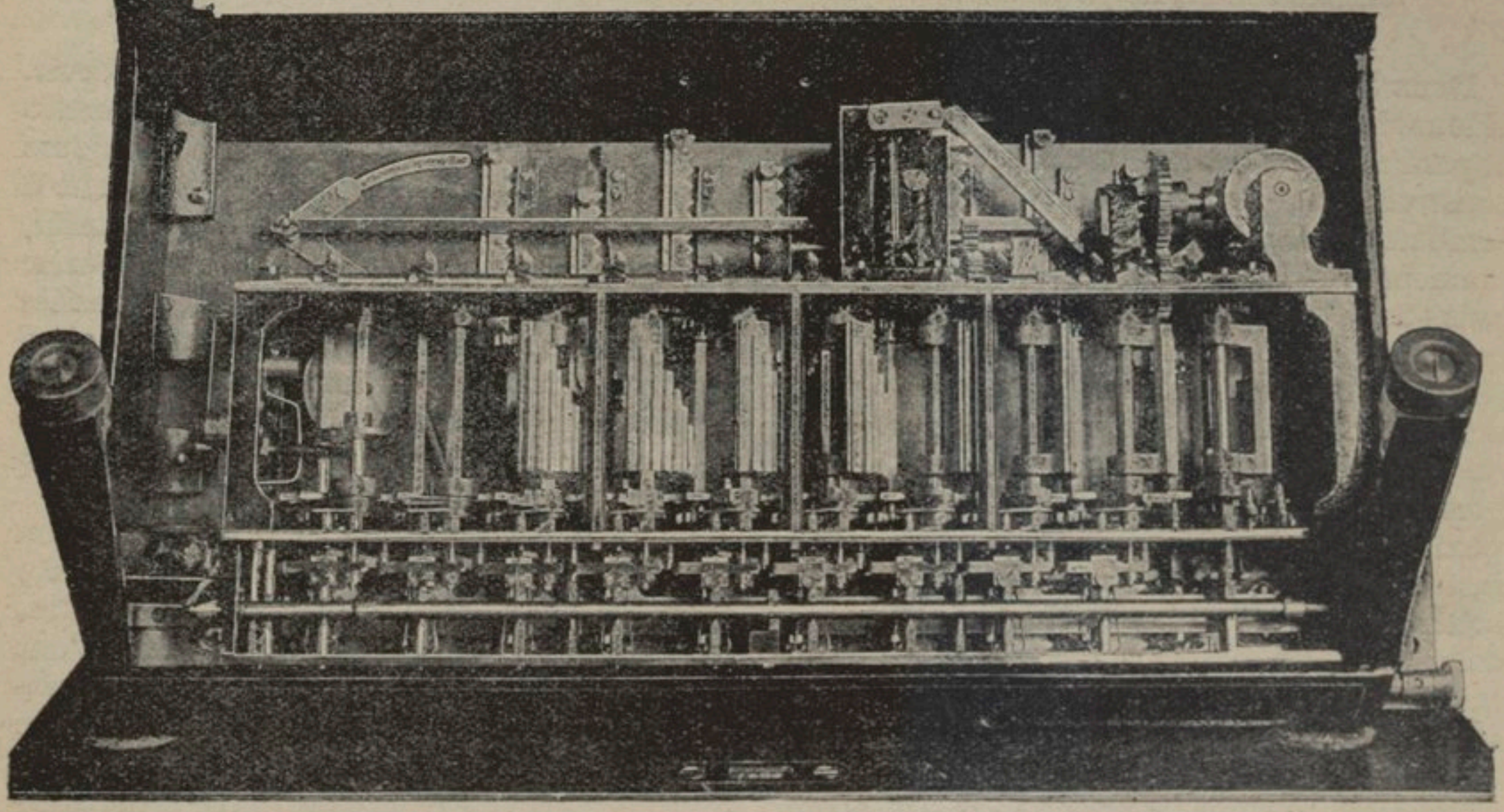


CERCLE A CALCUL HALDEN

Il se compose d'un disque mobile à l'intérieur d'une couronne. Cercle et couronne portent les graduations.

Certaines règles portent des échelles supplémentaires en vue d'applications spéciales.

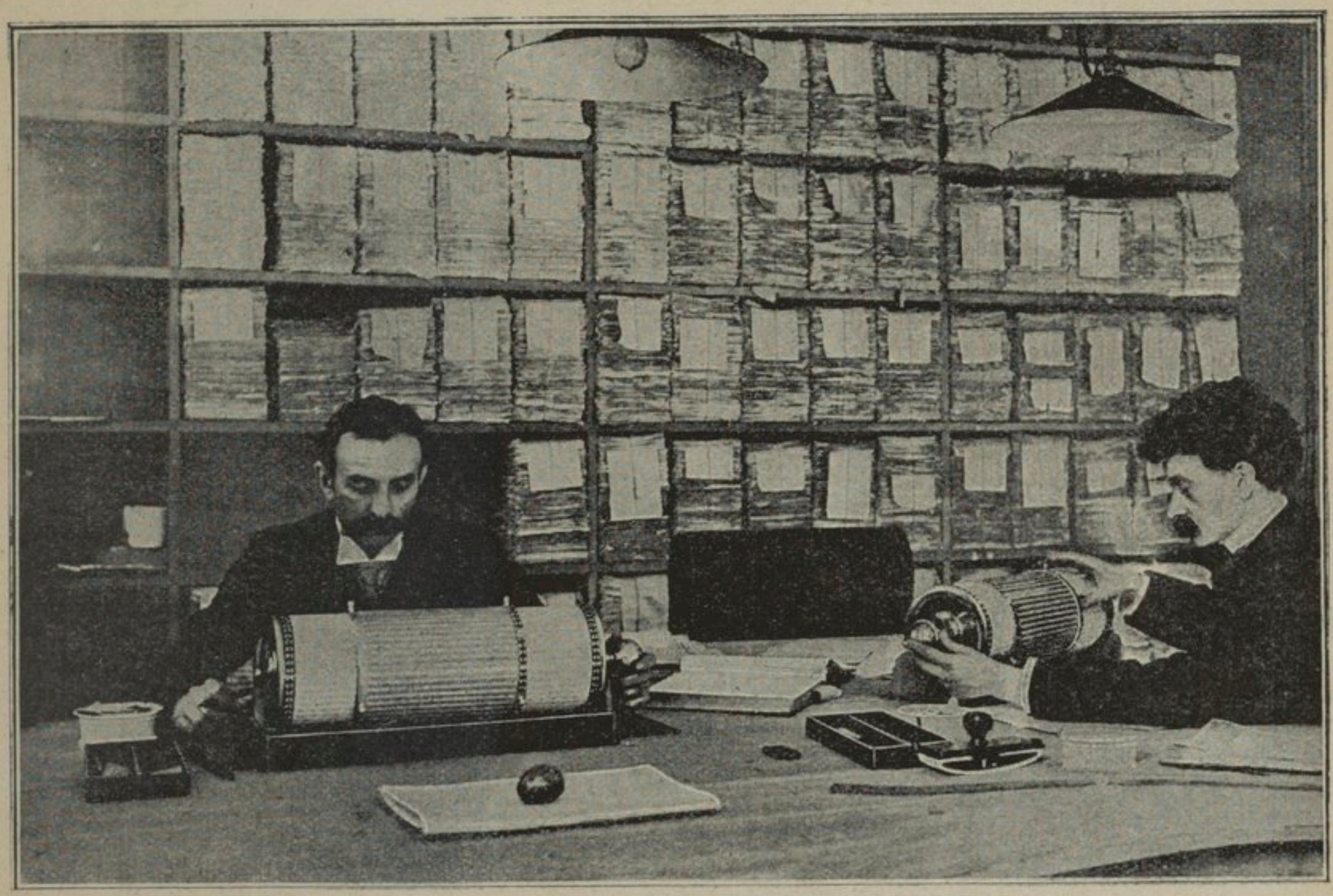
D'autre part, pour avoir, sous des dimensions commodes, l'équivalent d'une règle de grande longueur, plusieurs inventeurs ont eu l'idée de fractionner la règle et la réglette en un même nombre de parties égales et d'en juxtaposer les fragments les



ROUAGES DU CALCULOGRAPHE PEERLESS VUS A L'ENVERS

Suivant sa grandeur, la machine contient de 6 à 10 curseurs réglables à volonté, de 7 à 9 guichets-contrôle et 12 à 20 guichets récepteurs des opérations effectuées.

uns au-dessous des autres, faisant alterner ceux de la règle avec ceux de la réglette. Dans les *grilles à calcul*, les segments sont mis sur un plan ; parfois on les espace régulièrement le long des génératrices d'un cylindre comme dans le *rouleau calculateur de Billeter*. Mais la forme circulaire se prête encore mieux à la juxtaposition de deux échelles glissant l'une contre l'autre. Aussi a-t-on construit de nombreux et curieux *cercles à calcul*.



ROULEAUX CALCULATEURS DU SYSTÈME BILLETER

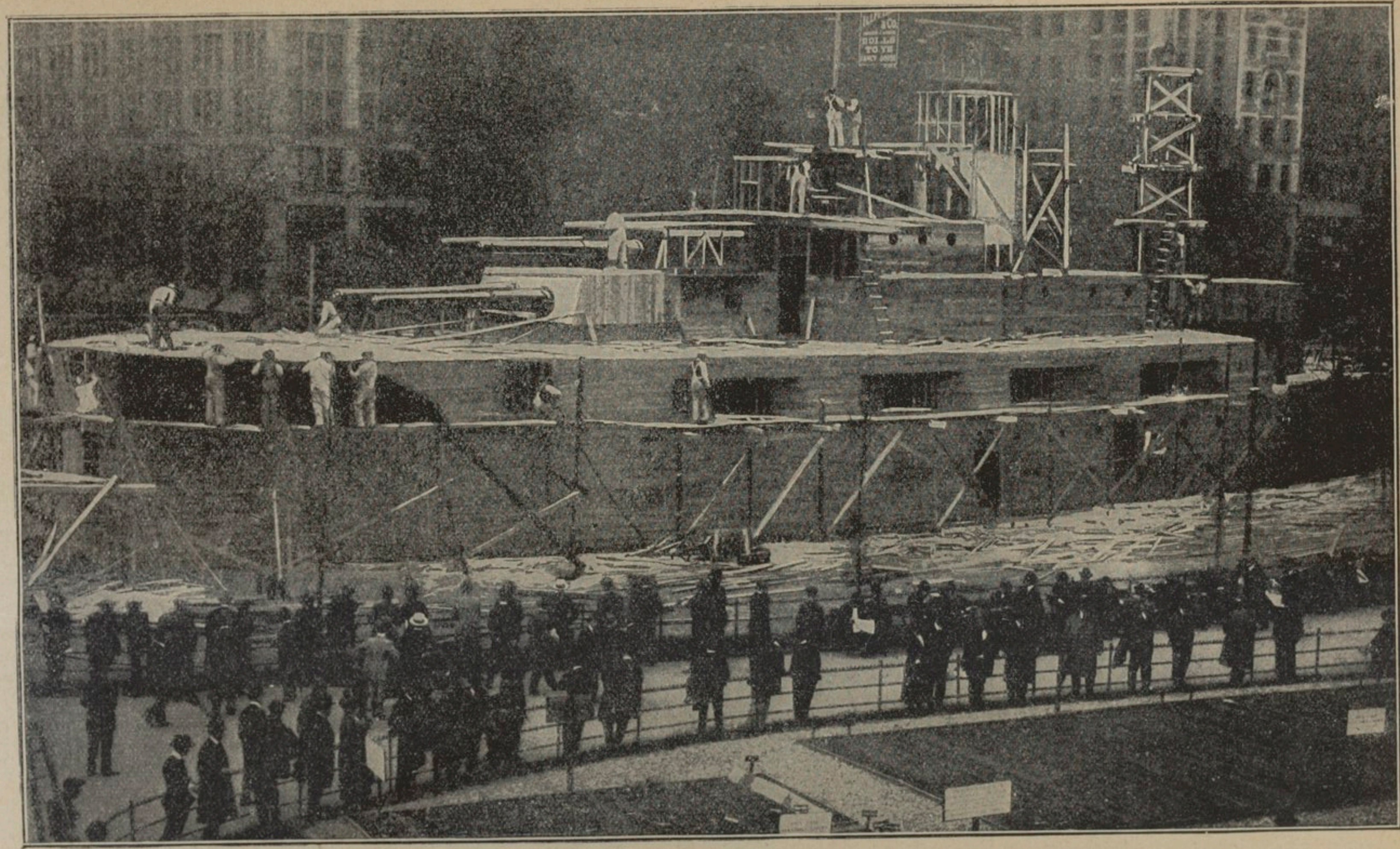
Pour avoir, sous des dimensions commodes, l'équivalent d'une règle de grande longueur, plusieurs inventeurs ont eu l'idée de fractionner la règle et la réglette en un même nombre de parties égales et d'en juxtaposer les fragments. Dans les « grilles à calcul », on met les segments sur un plan ; dans les « rouleaux calculateurs », on les espace le long des génératrices d'un cylindre.

Le cercle Halden ressemble à une montre et peut se mettre dans la poche. Il se compose d'un disque mobile à l'intérieur d'une couronne. Cercle et couronne portent des graduations et leur ensemble constitue un cadran avec des échelles logarithmiques des deux côtés. Deux plaques en verre, montées dans une bague métallique, maintiennent le tout de part et d'autre. Deux lignes radiales sont tracées sur les verres pour former des curseurs. Avec les pouces, on fait tourner les plaques de façon à faire coïncider les lignes radiales avec les chiffres à lire. A cet effet, on place les disques du cadran en serrant les écrous sis au centre entre le pouce et l'index et en tournant la monture ; la couronne est fixée à cette bague extérieure, et, d'autre part, le disque central ne peut pas prendre de jeu, ne s'appuyant pas sur la couronne qui l'entoure, mais sur des plaques en verre ajustées dans une monture métallique en bronze pur.

Le cercle Halden contient huit échelles ; sur la face recto se trouvent l'échelle des racines carrées, les deux échelles à calcul et une échelle de logarithmes ; sur la face verso sont gravées l'échelle des racines cubiques, deux échelles à calcul pour les proportions inverses et une échelle d'angles.

La machine qu'inventa le savant ingénieur L. Torrès, bien que beaucoup plus encombrante et compliquée, se rattache aux instruments précédents puisqu'elle repose sur une combinaison d'échelles logarithmiques inscrites sur des tambours. Nous n'insisterons pas sur les organes mécaniques d'une merveilleuse ingéniosité qui lui permettent de résoudre les équations algébriques. Il nous a fallu, d'ailleurs, passer sous silence d'intéressantes machines, au cours de cette étude forcément écourtée.

JACQUES BOYER.



CUIRASSÉ EN BOIS CONSTRUIT SUR UNE PLACE DE NEW-YORK POUR SERVIR DE TRIBUNE

On doit également y recevoir les engagements volontaires des jeunes gens qui désirent prendre du service dans la flotte américaine.

UN NOUVEAU PROGRÈS EN CHIRURGIE : LA RADIOSTÉRÉOSCOPIE

Par le docteur **MELLEBOT**

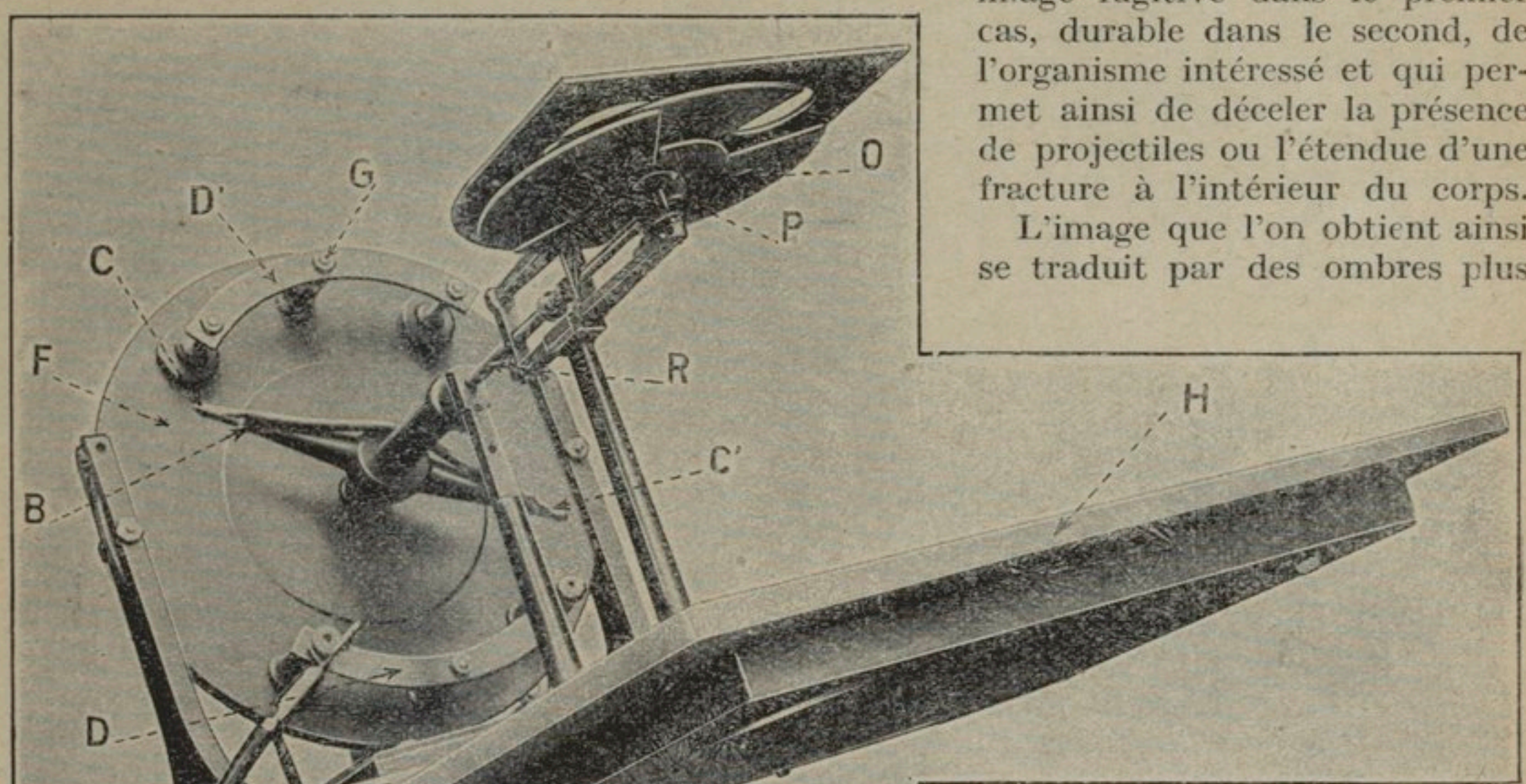
Les nécessités nées de la guerre ont conduit nos savants, nos ingénieurs et nos spécialistes à pousser plus loin et plus activement leurs recherches, à diriger leurs études vers des buts nettement définis et à obtenir ainsi, dans toutes les branches de la science, des résultats heureux, des solutions de problèmes qu'en temps normal on eût cherchées longtemps et sans doute mis de nombreuses années à trouver.

Parmi les nombreux perfectionnements ou découvertes, dont quelques-uns ont déjà été décrits ici, celui dont nous nous occupons aujourd'hui est du domaine chirurgical.

Transportons-nous par la pensée dans la zone des combats: Dès qu'un blessé arrive dans une formation sanitaire, soit dans une ambulance de l'avant, soit dans un hôpital de l'arrière, il est généralement soumis à l'examen radiologique avant toute chose.

Cet examen est, le plus souvent, une simple radioscopie qui, dans certains cas particuliers, est suivie d'une radiographie. Faire une radioscopie, c'est obtenir sur l'écran au platino-cyanure de baryum, l'image de la région que l'on veut observer. Cette image disparaît naturellement dès que la source productrice de rayons X est arrêtée. Une radiographie, au contraire, est la fixation de cette image sur une plaque photographique que l'on dispose dans un châssis spécial aux lieu et place de l'écran. L'examen radioscopique ou radiographique a donc pour but de fournir une image fugitive dans le premier cas, durable dans le second, de l'organisme intéressé et qui permet ainsi de déceler la présence de projectiles ou l'étendue d'une fracture à l'intérieur du corps.

L'image que l'on obtient ainsi se traduit par des ombres plus

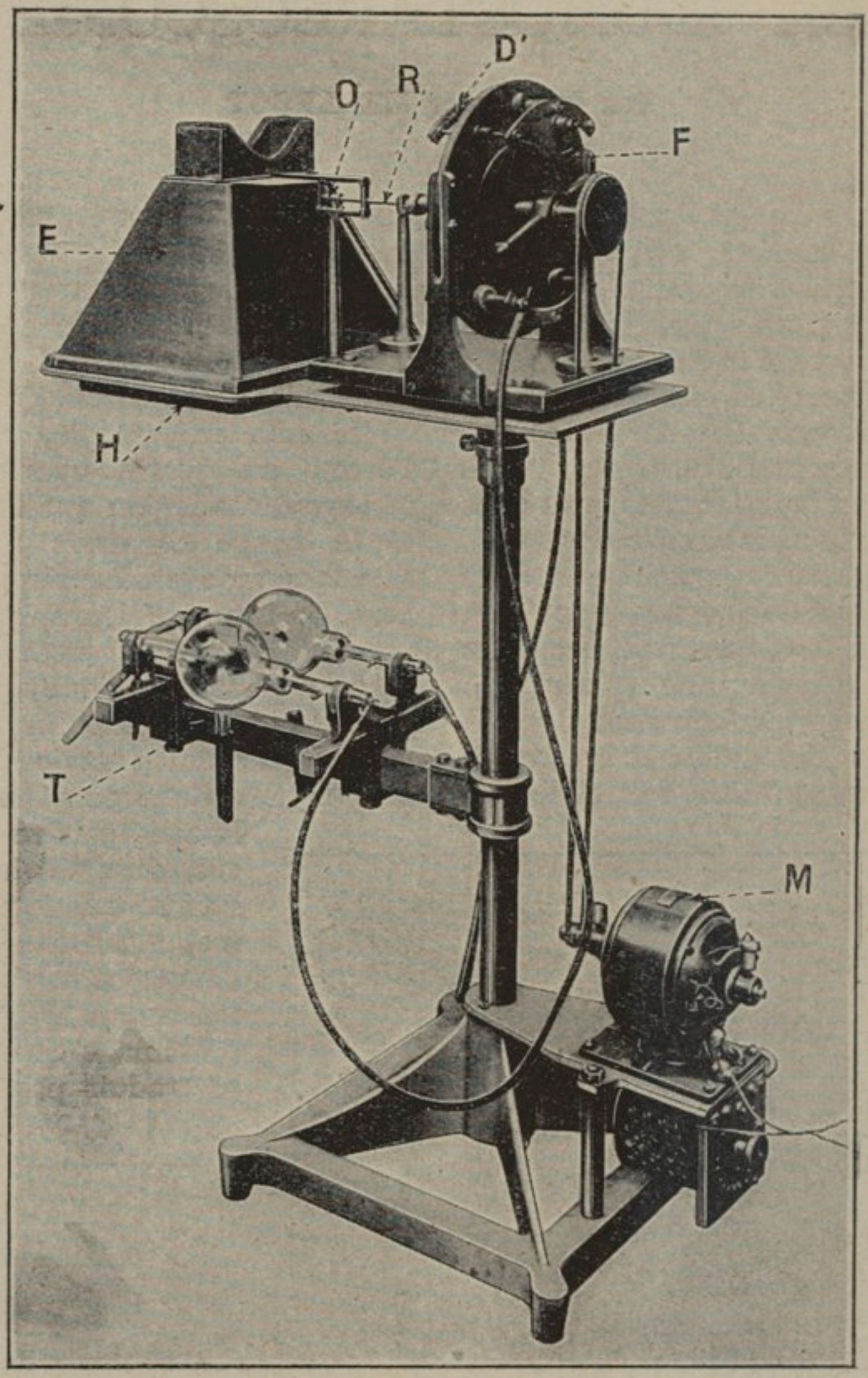


L'OBTURATEUR ET LE COMMUTATEUR DE L'APPAREIL DU DOCTEUR LIÈVRE

f, *commutateur;* b, *aiguille distributrice;* d, d', *secteurs métalliques devant lesquels se déplacent les aiguilles;* r, *arbre reliant le commutateur à l'obturateur;* o, *obturateur formé de deux disques ajourés, superposés et tournant en sens inverse;* h, *écran au platino-cyanure;* g, *borne de courant;* c, c', *borne des aiguilles.*

ou moins accentuées, suivant que les rayons X ont eu à traverser des corps plus ou moins denses. C'est ainsi qu'un shrapnell apparaîtra sur l'écran ou sur la plaque sous la forme d'un disque très noir, alors qu'un os aura une teinte grise.

Mais pour opérer vite et dans les meilleures conditions, il n'est pas suffisant que l'on soit certain de la présence du corps étranger, il faut encore le situer, le localiser, c'est-à-dire déterminer son emplacement par rapport aux repères anatomiques. Or l'image radiographique est une image plate, sans relief, où toutes les ombres viennent se former sur un même plan. Que l'éclat d'obus que l'on recherche soit logé dans la cage thoracique, on l'y verra certainement, mais on ne saura s'il touche au sternum ou à la colonne vertébrale. Cependant, on se rend bien compte de l'intérêt qu'il y a à connaître sa véritable situation, pour savoir à quel endroit le chirurgien pratiquera son incision, introduira la sonde, la pince ou le bistouri.



VUE D'ENSEMBLE DE L'APPAREIL RADIOSTÉRÉOSCOPIQUE DU DOCTEUR LIÈVRE

T, *porte-ampoule muni de deux tubes Chabot ordinaires;* F, *commutateur distribuant alternativement le courant dans l'une ou l'autre des ampoules;* R, *arbre de commande du commutateur et de l'obturateur;* M, *moteur électrique actionnant le commutateur;* E, *bonnette comportant en* O *l'obturateur et en l'écran au platino-cyanure.*

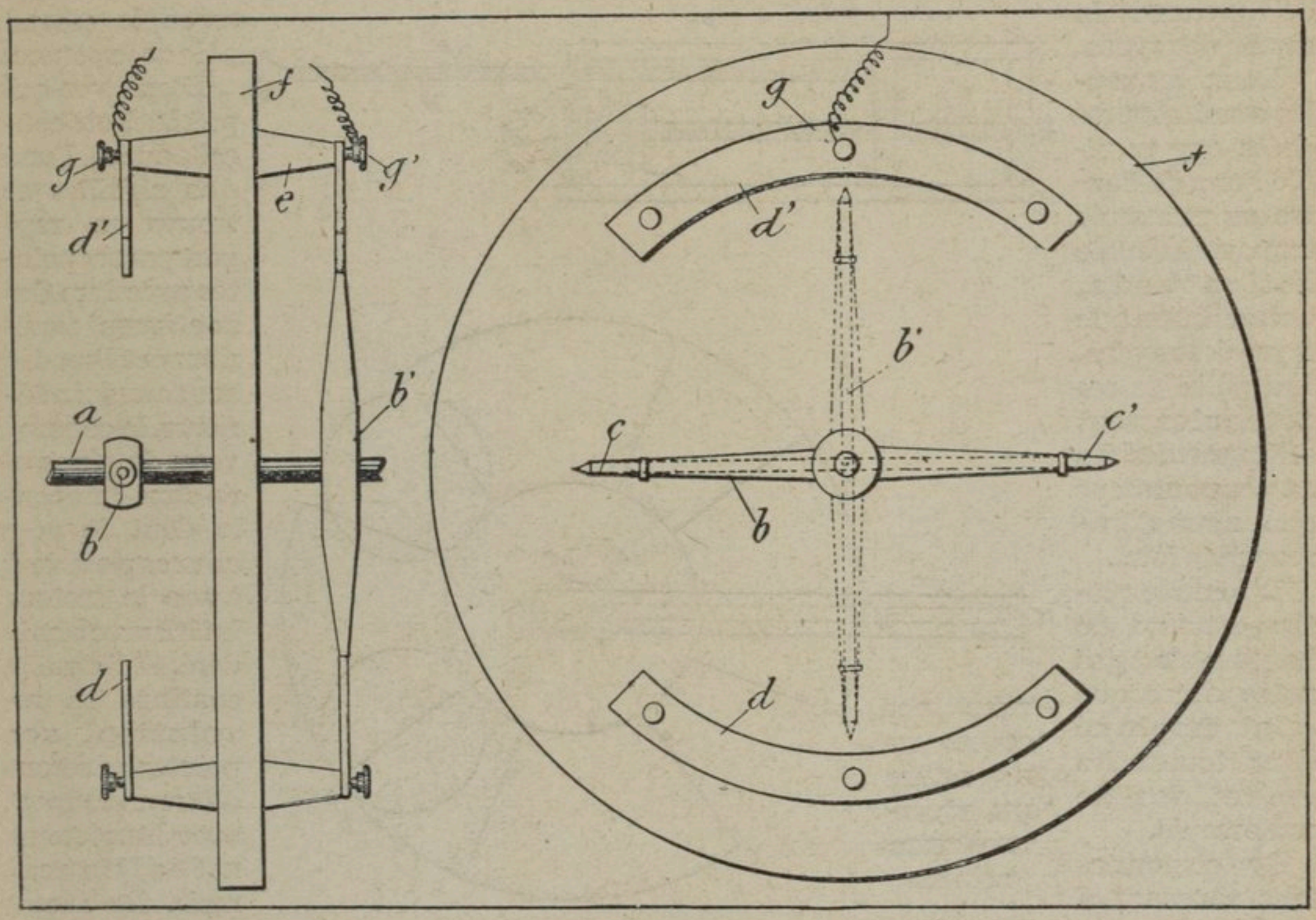
Pour parer à cet inconvénient, on a imaginé une multitude d'appareils connus sous le nom de compas, qui permettent, d'après l'examen radiologique, de déterminer d'une façon assez précise l'emplacement du projectile à extraire. Certains d'entre eux, tels que le compas de Hirtz, comportent une aiguille indicatrice qui, réglée convenablement, conduit le chirurgien vers le but à atteindre. Mais si parfaits que soient ces appareils, ils ont des inconvénients sérieux.

Obtenir des images en relief, voilà donc le but qu'il fallait atteindre. Pour la radiographie, le problème était simple; il suffisait d'appliquer la technique de la photographie stéréoscopique. En effet, de même que l'on peut établir un couple stéréoscopique en prenant deux photographies d'un même objet, l'objectif et la chambre noire occupant deux positions successives et distantes de 7 centimètres (distance entre les deux yeux), de même, avec un seul tube radiogène, occupant deux positions successives et distantes aussi de 7 centimètres, on peut obtenir deux radiographies telles, que regardées dans un stéréoscope approprié, on a l'illusion du relief, chaque chose étant mise à son plan.

Mais cette méthode, si séduisante qu'elle paraisse, n'est appliquée que dans quelques hôpitaux de l'intérieur où elle constitue plutôt une curiosité scientifique qu'une

pratique d'intérêt réel, quels que soient le temps et les appareils dont on peut disposer.

Pas plus que la localisation obtenue au moyen des compas, la localisation stéréoscopique ainsi faite ne répond aux desiderata du chirurgien. Ce qu'il faut à celui-ci, c'est pouvoir, à tous moments de l'opération, apprécier d'une manière aussi précise que possible la distance qui sépare sa pince du projectile à extraire. Seule, la vision stéréoscopique directe sur l'écran est capable de lui



VUE EN COUPE ET ÉLÉVATION DU COMMUTATEUR

f, *commutateur;* d, d', *secteur métallique;* b, b', *aiguilles distributrices;* c, c', *bornes des aiguilles;* g, g', *bornes de courant;* a, *arbre de commande;* e, *support isolant.*

être utile et de lui donner satisfaction.

MM. Villard, en France et Mackensie Davidson, en Angleterre, ont été les premiers à poser les principes de la radiostéréoscopie ; mais leurs appareils, pour des causes diverses, ne sont jamais entrés dans la pratique. Il a fallu le terrible conflit actuel pour faire revivre la question. Bien des chercheurs se sont passionnés dans cette voie, mais, jusqu'à ce jour, aucun appareil, à notre connaissance, n'était sorti avant la séance de l'Académie des sciences du 21 mai dernier, au cours de laquelle M. le professeur d'Arsonval présenta le très ingénieux stéréoradioscope imaginé par M. le médecin-major Lièvre et par son manipulateur, M. Brion, appareil qui, après cette présentation, a été adopté par le service de santé de l'armée française.

Le principe sur lequel est basé cet appareil est le suivant : un corps soumis aux rayons X provenant de deux sources différentes et distantes entre elles de 6 à 10 centimètres, projette sur l'écran au platino-cyanure convenablement disposé, deux ombres parallèles. Si, par un moyen quelconque, on fait voir par l'œil droit seulement une de ces ombres, en même temps que l'autre ombre sera vue seulement par l'œil gauche, un observateur regardant ainsi, aura une vue stéréoscopique.

Pour dissocier ainsi les deux images et rendre chacune d'elles visible pour l'œil correspondant. MM. Lièvre et Brion ont fait appel au principe appliqué déjà en cinématographie, celui de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine.

L'appareil de radiostéréoscopie tel que l'ont conçu et réalisé ses inventeurs et tel qu'il a été présenté à l'Académie des sciences par M. le professeur d'Arsonval, se compose donc de trois parties essentielles, superposées les unes aux autres, comme on peut le

voir sur nos gravures : une source productrice de rayons X au-dessous, un écran au platino-cyanure de baryum au milieu et, au-dessus de cet écran, un viseur muni de son obturateur et du commutateur tournant.

Ces trois pièces sont montées à coulisse sur une colonne, de telle sorte qu'elles peuvent se déplacer horizontalement et perpendiculairement. Cette colonne se placera elle-même à demeure sur le côté d'une table d'opération où le malade à examiner sera étendu entre l'écran au platino-cyanure de baryum et la source de rayons.

Deux ampoules aussi rapprochées que possible l'une de l'autre ou une seule ampoule à double anticathode, constituent le foyer des rayons. Les pôles de ces ampoules sont reliés par des fils au commutateur que nous décrirons plus loin.

L'écran au platino-cyanure de baryum n'est pas autre chose que celui employé dans toutes les opérations de radioscopie.

Le commutateur tournant a pour mission de provoquer l'allumage d'une des sources de rayons X, simultanément avec l'ouverture d'un des oculaires et en même temps l'extinction de l'autre source simultanément avec l'obturation de l'autre oculaire. Il comprend un arbre en matière isolante *a* sur lequel sont montées deux aiguilles, également en matière isolante *b* et *b'*, fixées par rapport l'une à l'autre à 90 degrés et se terminant à leurs extrémités par deux bornes en cuivre *c* et *c'*, reliées entre elles par un fil isolé. Cet arbre est animé d'un mouvement de rotation imprimé par un moteur électrique qui, sur notre gravure, est provisoirement placé sur le socle de l'appareil.

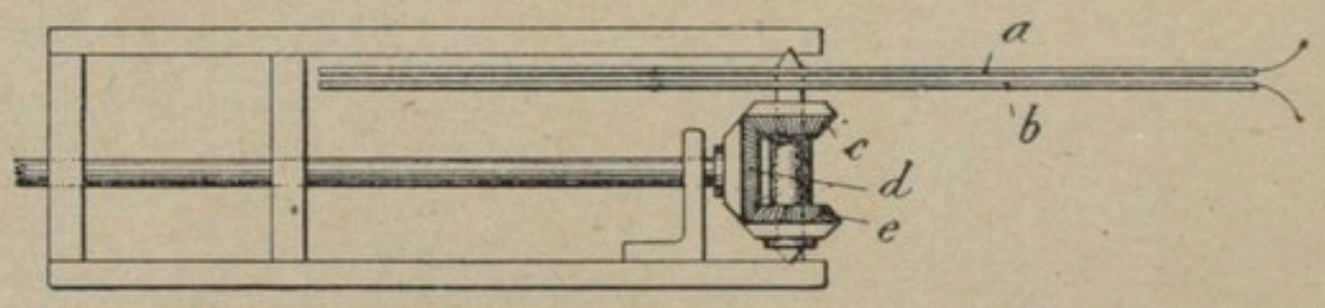
Dans le plan des deux cercles de révolution des aiguilles *b* et *b'* se trouvent fixés des secteurs en métal *d* et *d'*, égaux au quart de la circonférence parcourue par les aiguilles et maintenus au moyen de bornes isolantes *e* sur un plateau fixe *f*, de matière isolante qui sépare les deux groupes de secteurs métalliques ainsi que les aiguilles. Les deux secteurs supérieurs, reliés entre eux, reçoivent le courant venant de l'un des pôles de la source, soit en *g* et *g'*, et chacun des deux secteurs inférieurs communique séparément avec l'un des pôles de chacune des ampoules. Les deux autres pôles des deux ampoules, reliés entre eux, sont en connexion avec le second pôle de la source.

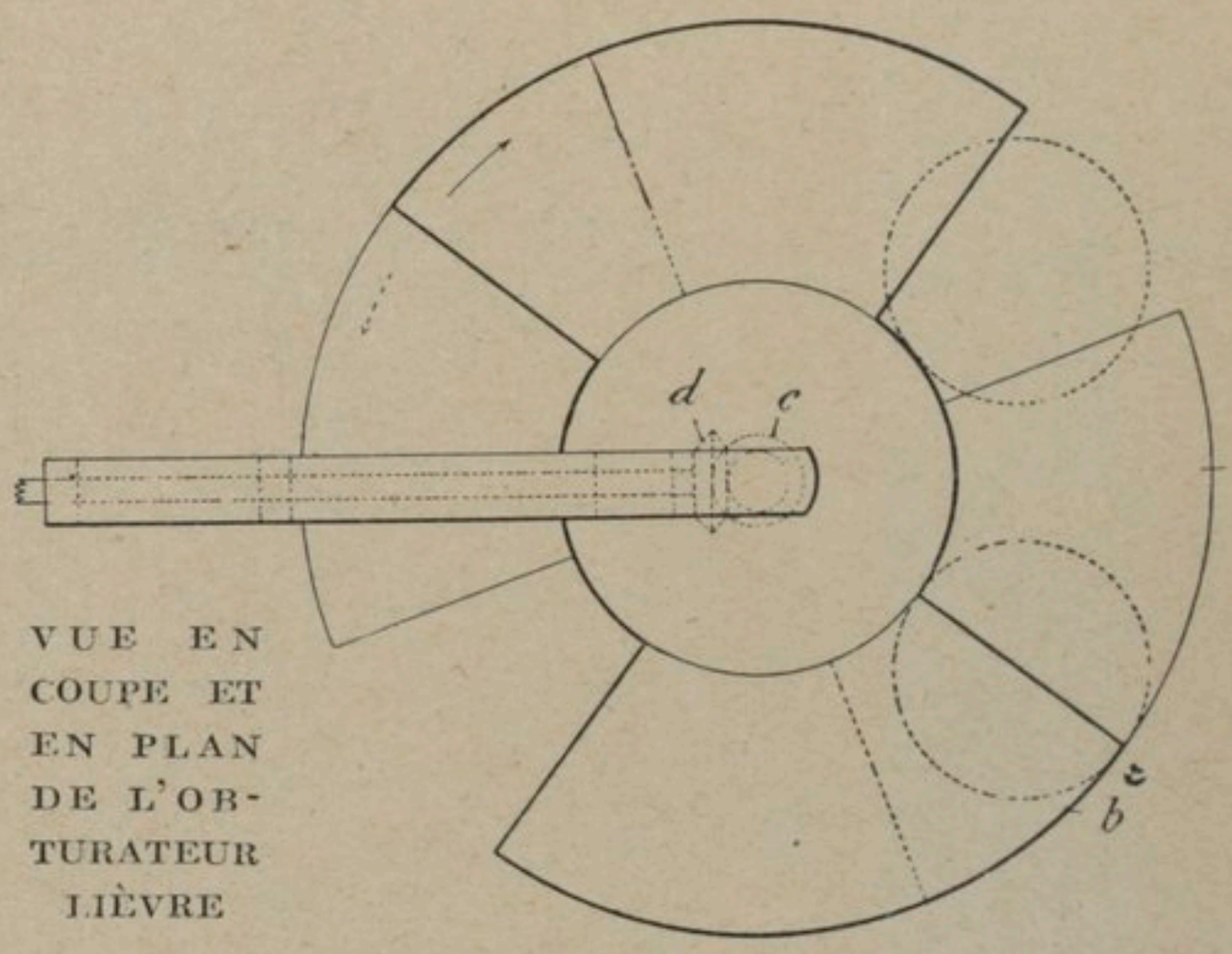
D'après ce qui précède, on conçoit que si l'une des aiguilles se trouve en rapport par ses pointes avec l'un des secteurs supérieurs et l'un des secteurs inférieurs, le courant venu de *g* passera dans l'ampoule dont le pôle correspondra avec le secteur inférieur considéré. Si l'aiguille continue sa révolution, ses pointes cesseront d'être en rapport avec les secteurs métalliques, mais, dès ce moment précis, la seconde aiguille intervient qui, par les mêmes moyens, produira l'allumage dans l'ampoule correspondante.

Sur le même arbre, qui actionne le commutateur tournant, est monté le dispositif de l'obturateur. Nous avons déjà dit qu'il devait y avoir obturation alternative des yeux en synchronisme avec l'allumage alternatif des ampoules; il était donc indispensable que les deux organes, commutateur et obturateur, soient commandés par un même élément, un même arbre, un même moteur.

Cet appareil, qui présente les avantages d'une grande simplicité mécanique et d'une heureuse facilité d'application semble appelé à rendre de signalés services à la chirurgie. L'armée l'a adopté.

Dr Mellebot.





VUE EN COUPE ET EN PLAN DE L'OBTURATEUR LIÈVRE

a, b, *les deux plateaux tournant en sens inverse;* d, e, c, *engrenages d'angle commandant les deux plateaux.*

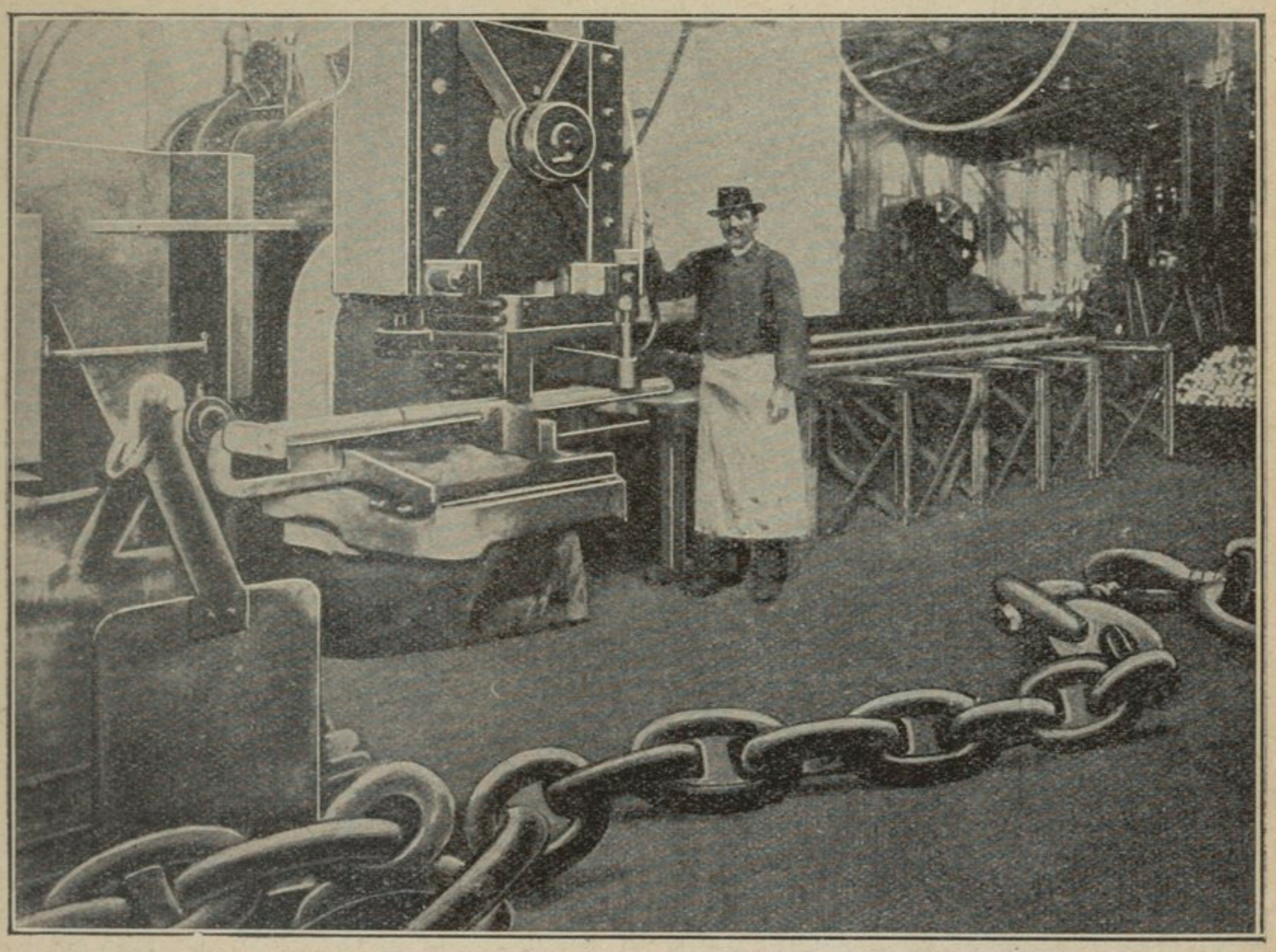
LA NOUVELLE FABRICATION DES CHAINES POUR LA MARINE

Par Georges **BARENTON**

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

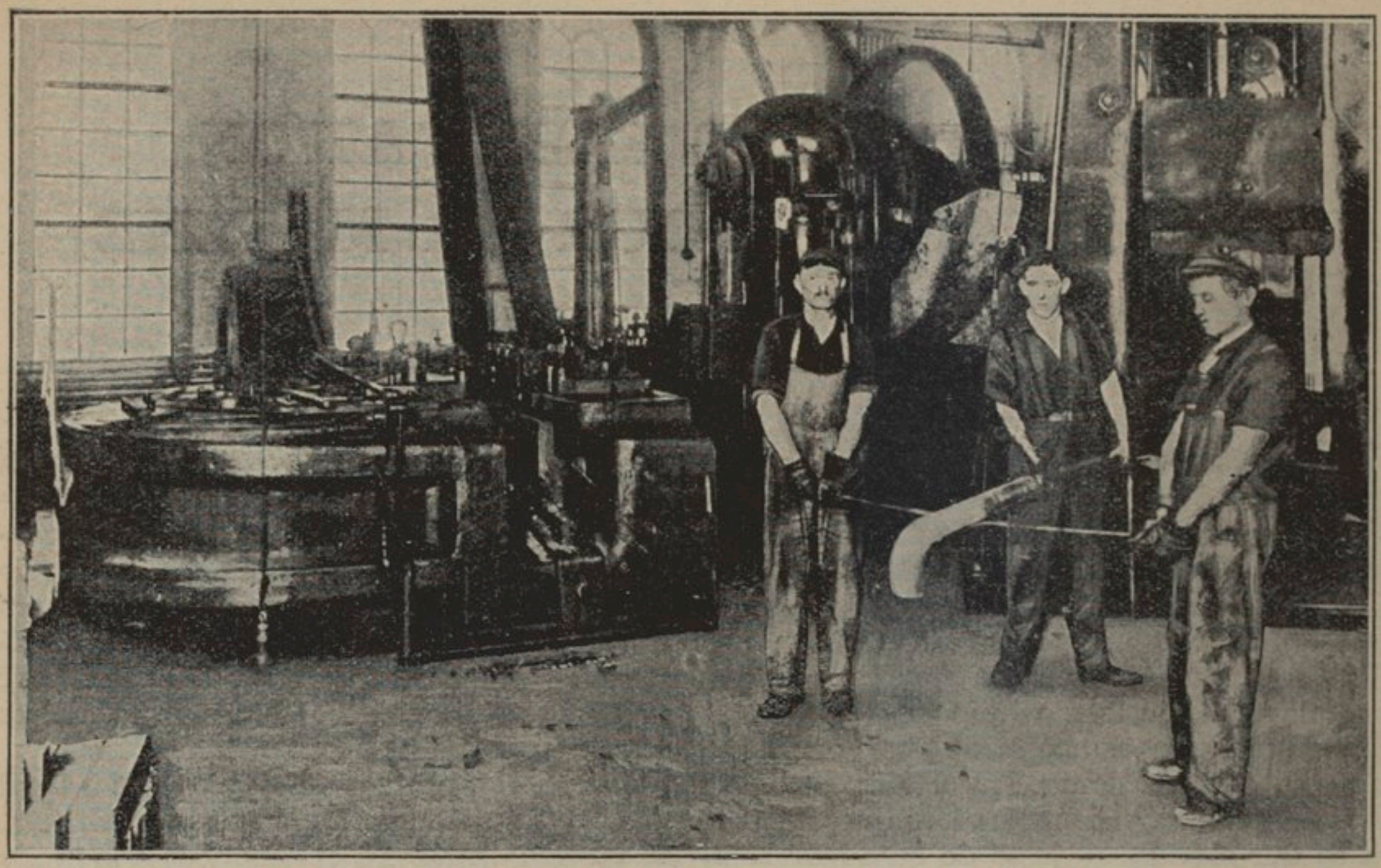
Jadis, les chaînes de fer, petites ou grosses, se forgeaient à la main et, en particulier, dans les villages des environs de Birmingham, les femmes elles-mêmes s'attelaient à la rude besogne de « chain-makers ». Une forge à soufflet, un étau reposant sur une caisse remplie de terre, un marteau, de longues pinces et quelques baguettes de fer composaient tout l'outillage de ces ateliers domestiques. Les pauvres ouvrières ne gagnaient pas lourd cependant à ce dur métier, — juste de quoi subvenir à leurs modestes besoins ! D'après une enquête faite deux ou trois ans avant la guerre par le ministère du Commerce d'Angleterre (Board of Trade), ces pauvres forgeronnes devaient fabriquer, en effet, 50 kilos de chaînes de charrues pour gagner 7 shillings 6 pences soit 9 fr. 50 environ, ce qui représentait six journées de travail. Encore leur fallait-il déduire 2 à 3 shillings de ce maigre salaire pour l'achat du charbon de terre !

Les grosses chaînes employées soit à bord des navires, soit dans les arsenaux maritimes, se fabriquaient aussi entièrement à la main, mais dans des usines plus importantes. Or,



TRAVAIL PRÉLIMINAIRE : LE CISAILLEMENT DES BARRES D'ACIER

Les barres d'acier destinées à la fabrication des chaînes sont tronçonnées à la longueur voulue — la longueur du maillon — au moyen d'une puissante cisaille.



LES OUVRIERS COMMENCENT A FORMER LE MAILLON

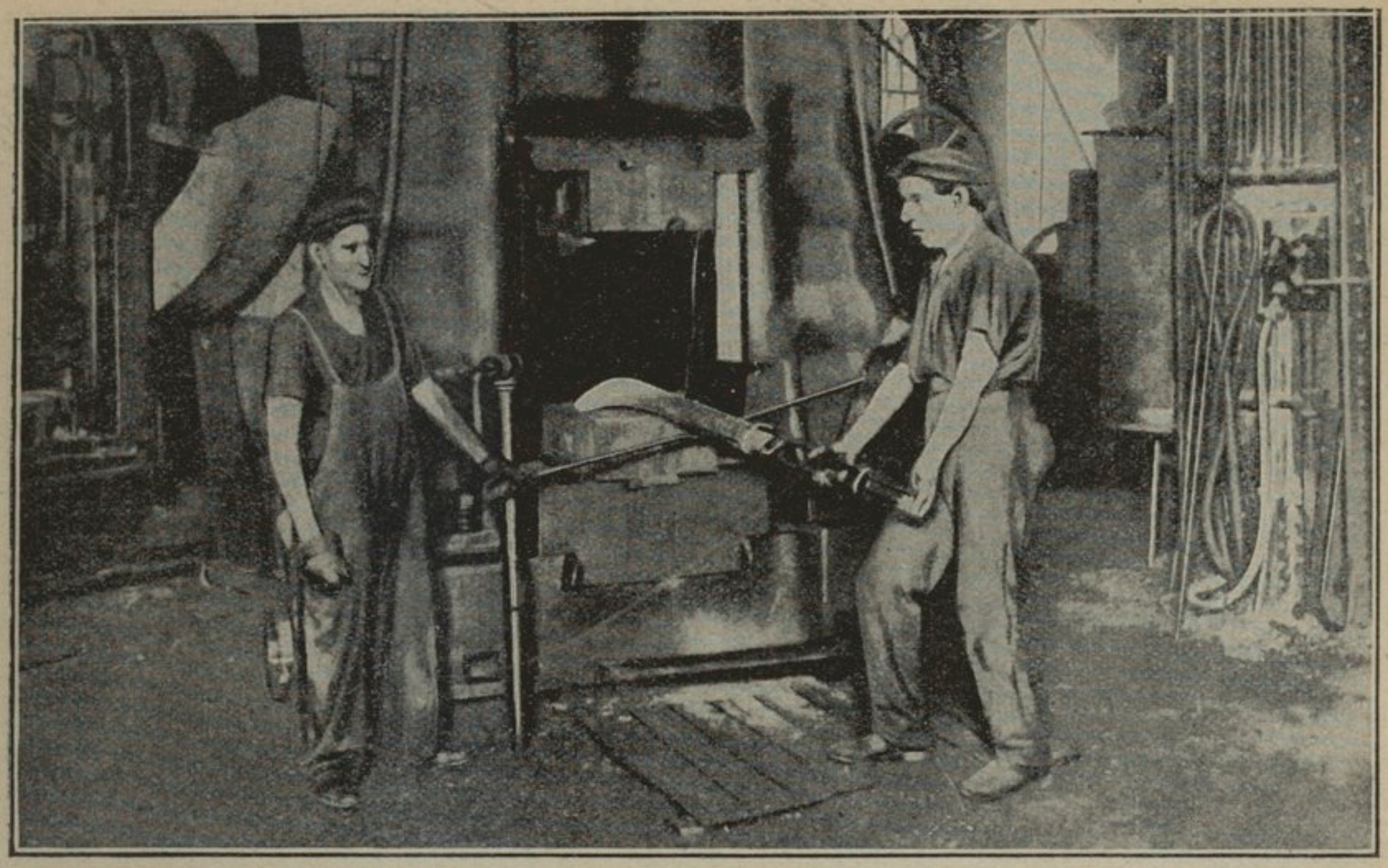
Au sortir d'une première machine à forger, le tronçon de barre d'acier est courbé à son extrémité ; puis on le met sous un marteau-pilon après l'avoir porté au rouge.

les barres d'acier doux qu'on doit courber et souder pour en former les maillons mesurent parfois de 100 à 110 millimètres de diamètre. On comprend donc la difficulté d'obtenir par ce procédé des chaînes régulières et offrant toute sécurité. Par exemple, des inclusions de scories provoquent des c evasses et autres défauts en cours de forgeage. Si bien que des chaînes d'ancrage ayant résisté aux premiers essais cédaient souvent après quelques mois de service en mer et les experts constataient alors, non sans étonnement, que les parties constitutives des chaînons se trouvaient soudées sur une minime partie de leur surface jointive. Un spécialiste, M. Baker, put même avancer que, sous le rapport de la solidité, les chaînes d'ancre des navires anglais datant d'un siècle et demi l'emportaient généralement sur celles réalisées par les forgerons d'aujourd'hui. En particulier, le chauffage trop vif des barres servant à confectionner les anneaux constitue le principal inconvénient du mode de fabrication à la main, car l'extérieur du métal de ces chaînons se trouve brûlé avant que l'intérieur ne soit à une température suffisante pour la soudure.

Aussi les techniciens s'efforcent-ils d'employer de plus en plus l'outillage mécanique dans ce dur labeur. La méthode, utilisée maintenant dans les chantiers navals des Etats-Unis, semble donner des résultats très satisfaisants, bien qu'elle ne soit pas complètement automatique. En effet, vu les dimensions considérables qu'il aurait fallu donner aux machines et la nécessité d'examiner attentivement chaque soudure, au cours du travail, on exécute simplement, de façon mécanique, le martelage et le cintrage des maillons ; les autres opérations se font à la main, comme par le passé.

Nous emprunterons à un récent mémoire de M. l'ingénieur G. Coburn, la description de cette nouvelle fabrication des grosses chaînes. Aux Navy Yards de Boston, on les fabriquait jusqu'ici avec des barres de 1 mètre environ que l'on chauffait au feu de forge, puis que l'on pliait en U. Après avoir découpé les longueurs destinées à former les anneaux, on introduisait la pièce devant servir à confectionner l'un d'eux, dans le dernier chaînon réalisé, puis on chauffait le tout et on effectuait ensuite la soudure préparée au préalable. Une équipe comprenait un forgeron et quatre aides.

Aujourd'hui, dans le même établissement, un pont roulant électrique transporte les tronçons de barre, découpés par une puissante cisaille jusqu'au four de réchauffage. Le chargement de ce dernier se compose de



ON PROCÈDE MAINTENANT A L'« ABOUTAGE » DU FUTUR MAILLON

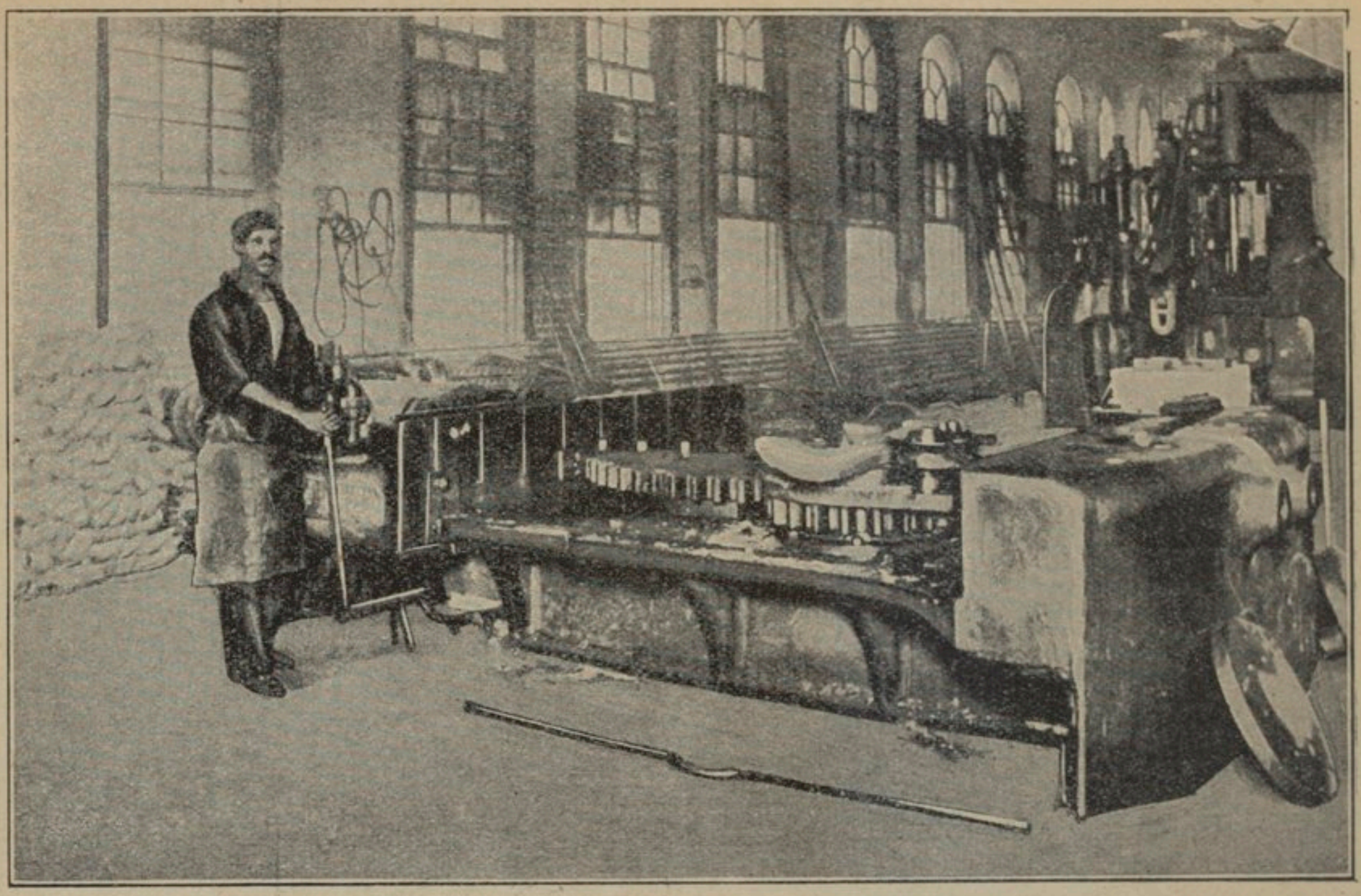
Sous le marteau-pilon à vapeur, l'extrémité du tronçon d'acier s'« aboutit », c'est-à-dire prend la forme en biseau absolument indispensable pour la soudure.

six à douze tiges, selon leur diamètre. Une fois la tige portée à une température voulue, sur une longueur de 0 m. 30 environ, on la met dans une première *machine à forger* destinée à courber son extrémité sur deux coussinets de filière. Après ce courbage, on met la barre sous un marteau-pilon à vapeur, de 800 kilos environ, qui « aboutit » ladite extrémité, c'est-à-dire lui donne une forme en biseau nécessaire pour la soudure. On replace ensuite l'autre côté de cette pièce dans le four à réchauffer et on répète l'opération précédente en sens inverse.

Il s'agit maintenant de *cintrer* la barre dont les extrémités seules sont préparées de façon à lui donner la forme du maillon. Une presse à forger de 40 tonnes accomplit très promptement cette opération, grâce à un mécanisme spécial, boulonné sur son bâti et composé d'un mandrin immobile et de forme identique à l'intérieur de la maille.

On fixe la barre chauffée dans la machine, l'un de ses bouts appuyé contre l'extrémité du mandrin. Lorsque la presse avance, un galet appliqué contre l'anneau enroule simplement la tige contre ce dernier. Le galet, monté sur l'axe fixe d'une roue dentée, tourne autour du centre géométrique du mandrin. Cette roue dentée est mise en mouvement par un secteur tournant autour d'un axe solidaire de la pièce de support du mécanisme et que pousse ou tire l'anneau commandé par la tête de la presse. Une fois le chaînon enroulé autour du mandrin, le conducteur de la machine écarte avec soin les surfaces de joint à l'aide d'un levier.

Après le pliage, les maillons vont subir la soudure, qui s'opère au rouge vif. Un aide prend successivement chaque maillon dans le four à réchauffer où on l'a mis préalablement, puis l'enfile dans le dernier anneau de la chaîne, pendue à une grue basse pivotante comportant une espèce de gouttière sous la volée. Après enfilage du nouveau maillon, celui-ci amène l'extrémité de la chaîne sous un marteau-pilon à vapeur, de 120 tonnes, à double bâti et porteur de matrices appropriées. La forme de ces matrices diffère quelque peu de celle du maillon terminé, qui ne prend sa courbure définitive qu'au cours de la traction d'épreuve ultérieure dans la fosse d'essai. Un premier martelage amène en contact les deux parties qui doivent constituer la maille et en réalise ensuite la soudure en deux temps. Grâce à la grue, l'ouvrier amène d'abord l'extrémité de la chaîne au-dessus d'un feu de forge, puis, une fois l'anneau à travailler suffisammen chauffé, on le place dans un moule spécial et on le martèle mécaniquement.



LE CINTRAGE MÉCANIQUE DES ÉBAUCHES DE MAILLONS

Cette machine donne une double courbure aux tronçons d'acier, dont les extrémités seules sont préparées, et leur fait prendre la forme approximative du maillon.

Ce nouveau martelage expulse la scorie et produit une soudure résistante. Mais pour donner au maillon une forme parfaite, il faut le placer une seconde fois dans la forge et le faire repasser sous un marteau-pilon de 800 kilogrammes muni de matrices spéciales. Après plusieurs coups, le maillon sort non seulement très régulier de forme, mais les extrémités du joint soudé se trouvent considérablement renforcées par cet ultime martelage, précisément à l'endroit où se produisait l'affaiblissement de la section dans le forgeage à main.

D'autre part, la fabrication des chaînes étançonnées ne souffre aucune difficulté avec ce nouveau procédé. Après avoir chauffé le maillon et l'étai à la température voulue, on place le premier de champ sous le marteau de 800 kilos, puis un homme dispose le second, à l'aide de pinces, et le maintient pendant qu'un autre de ses compagnons frappe sur l'anneau quelques coups de marteau destinés à assurer la liaison des deux pièces. D'ailleurs, la nouvelle méthode semble avoir donné toute satisfaction à l'administration de la marine des Etats-Unis, puisqu'au cours de l'année 1916, il est sorti des Navy Yards, de Boston, 14.500 mètres de chaînes, d'un diamètre variant entre 57 et 85 millimètres. Le prix de revient d'une chaîne réalisée mécaniquement avec des barres de 82 m. 5, a été environ de 100 francs par mètre, soit 0 fr. 66 par kilogramme.

De même dans les usines de MM. Brown et Cie, de Pontypridd (Angleterre), on a réussi à fabriquer, avec un outillage mécanique très puissant, les chaînes encore plus fortes qui servent à l'amarrage des paquebots de la Compagnie Cunard, et dont les maillons sont formés de barres mesurant 140 millimètres de diamètre. Dans cette méthode de forgeage, on commence par cisailler des barres d'acier à la longueur voulue, puis on taille en biseau les extrémités de chaque élément et on les prépare pour la soudure. Ensuite, on courbe leurs extrémités à l'aide d'un marteau spécial. Cela fait, on façonne chaque élément de manière à former un anneau par pression. Après avoir chauffé la barre, on la dispose horizontalement dans la presse hydraulique, ses extrémités appuyées contre des galets fixés au bâti. Le milieu de la barre est saisi entre les flasques d'une sorte de lanterne, qui prolonge le piston de la presse et qui se compose d'un bloc mobile facilitant la mise en place du dispositif par lequel s'exerce l'effort de traction. Il suffit d'admettre

l'eau sous pression dans le cylindre hydraulique pour que le bloc appuie sur le milieu de la barre, la plie et l'entraîne entre les deux galets latéraux dont l'écartement se règle suivant la largeur des maillons à obtenir. Toutes ces opérations sont très rapides.

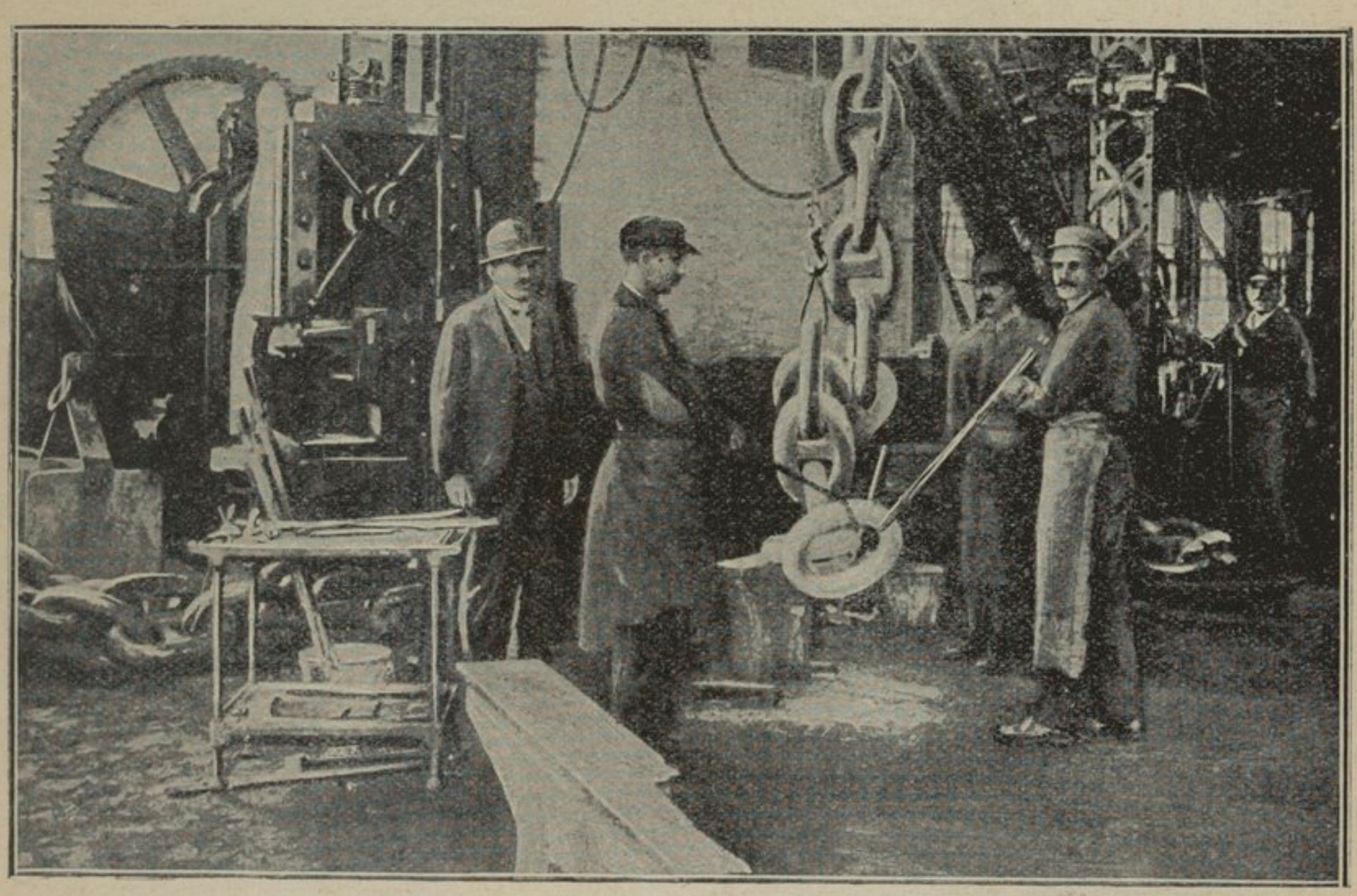
Pour réaliser la soudure, on enfile chaque maillon à la suite de la chaîne déjà forgée, puis on le réchauffe dans un four spécial. Une grue facilite les déplacements de la chaîne au cours de cette opération. Quand la température de soudure est atteinte, on amène, au moyen de cette grue, le maillon sous un marteau-pilon à vapeur muni d'une matrice. Sous l'action du martelage, le chaînon prend alors une forme régulière.

Les *câbles-chaînes* ou *chaînes de marine* se composent de trois pièces différentes : 1° la *maille* dite aussi « maillon » ou « chaînon » ; 2° la *manille* et 3° l'*émerillon*. Il existe trois sortes de mailles : la *maille à étai*, portant en son milieu un étançon ou étai qui empêche son aplatissement ; la *maille sans étai*, un peu plus forte que la précédente et destinée à recevoir le collet de la manille ; enfin, la grosse *maille à renfort*, la plus importante de toutes, dans laquelle passe le boulon de la manille, mais dont l'étai ne se trouve pas au milieu.

La *manille* est une pièce de fer arrondie, recourbée sur elle-même, terminée à ses deux extrémités par des oreilles percées d'un trou pour le passage d'un boulon et qui permet d'assembler entre elles deux parties d'une chaîne ; sa partie recourbée se nomme « collet » et une goupille tronconique retient le boulon en place. Quant à l'*émerillon* ou pièce tournante, il sert à empêcher l'entortillage de la chaîne au cours des manœuvres.

Il existe un grand nombre d'autres variétés de chaînes, fabriquées par des procédés tout à fait différents de ceux que nous venons d'indiquer, mais l'étude de ces moyens nous entraînerait trop loin, et nous resterons dans le cadre tracé par le titre de cet article.

Dans les nomenclatures officielles de la marine française, on range les câbles-chaînes sous 22 numéros d'ordre, dont les diamètres décroissent de 2 en 2 millimètres, depuis le n° 1 (calibre 58 millimètres) jusqu'au n° 22 (calibre 16 millimètres). On classe hors série (n° 0) les chaînes de 60 millimètres spécialement affectées aux corps morts des grands navires de notre flotte, et on partage en cinq classes les chaînes sans étai (de diamètre compris entre 16 millimètres et 14 millimètres), destinées aux chaloupes des ports, aux canots de sauvetage, etc., etc.



ENFILAGE D'UN MAILLON PRÉALABLEMENT RÉCHAUFFÉ

Les ouvriers prennent successivement chaque maillon dans le four à réchauffer puis l'enfilent dans le dernier anneau de la chaîne, suspendue à une grue pivotante.

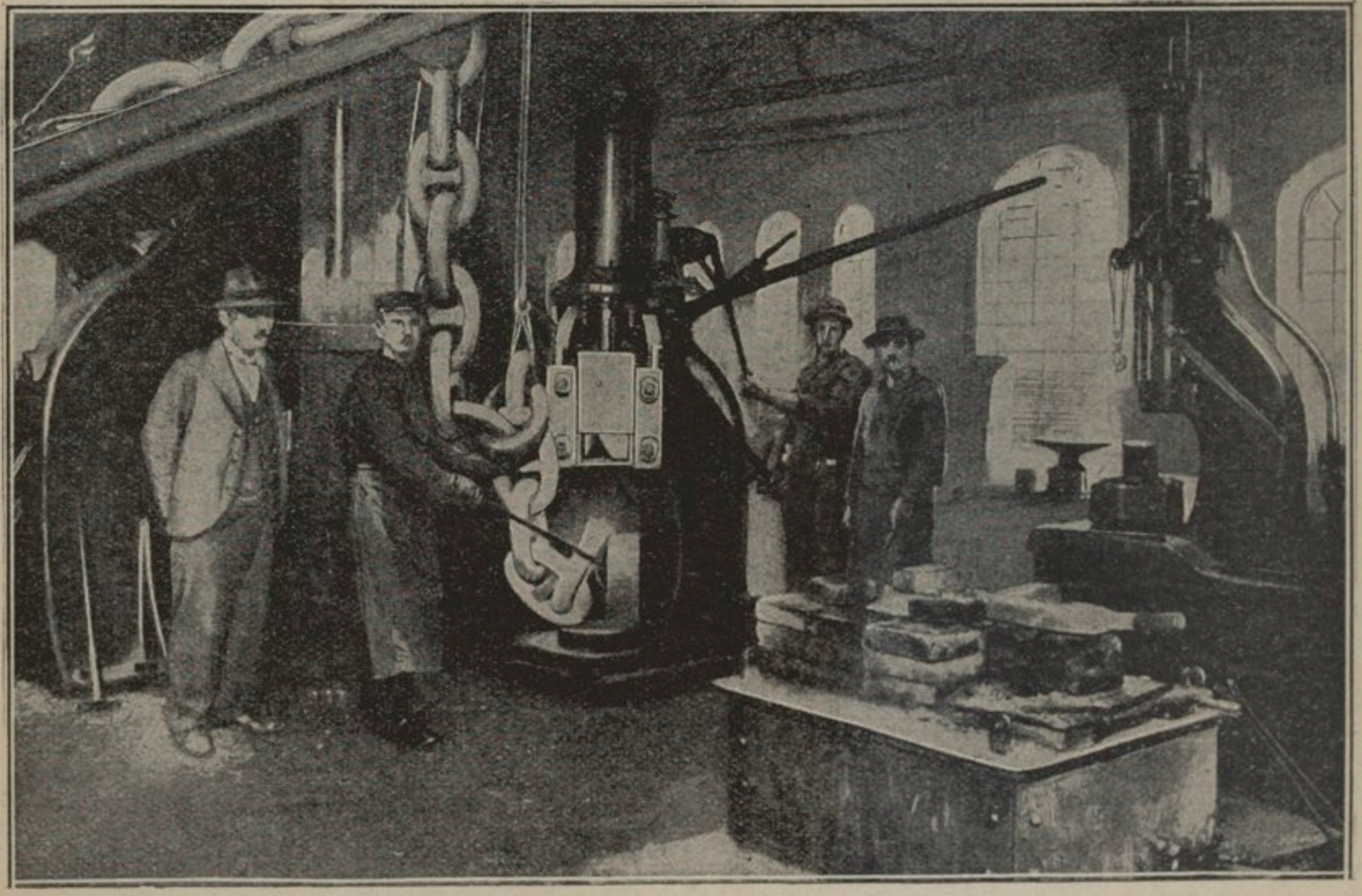
Le tableau ci-dessous résume la classification des *câbles-chaînes* de la marine avec leurs diamètres, leurs forces d'épreuve, leurs poids et leurs destinations.

N° de la chaîne	Diamètre en m/m	Force d'épreuve kilogs	Poids de la chaîne par mètre	DESTINATION
0	60	95.000	78.100	Corps morts et superdreadnoughts
1	58	89.000	73.000	Dreadnoughts.
2	56	83.000	68.000	Cuirassés.
3	54	77.000	63.300	Transports (5.400 tonnes).
4	52	71 500	58.700	Anciens petits vaisseaux.
6	48	61.000	50.000	Navires annexes(écoles de marine)
7	46	56.000	45.900	Gardes-côtes cuirassés.
8	44	51.000	42.000	Transports (1.200 tonnes en bois).
9	42	46.500	38.300	Transports (1.200 tonnes, en fer).
10	40	42.500	34.700	Croiseurs de seconde classe.
11	38	38.500	31.300	Batteries flottantes.
12	36	34.500	28.100	Avisos de 1 e classe.
13	34	31.000	25.100	Avisos de 1 e classe.
14	32	27.000	22.200	Avisos de 2e classe.
15	30	24.000	19.500	Canonnières.
16	28	21.000	17.000	Canonnières.
17	26	18.500	14.700	Avisos de flottille.
18	24	15.300	12.500	Sous-marins.
19	22	13.000	10.500	Très petits bâtim. ports ou autres.
20	20	10.500	8.700	d°
21	18	8.700	7.000	d°
22	16	6.800	7.550	d°

Les mailles d'une chaîne doivent être à peu près égales entre elles. Dans les essais de réception, on tolère 1/40e en plus ou en moins, mais il faut que huit mailles consécutives tendues en ligne droite donnent une longueur constante fixée pour chaque calibre. Avant leur mise en service, on les éprouve à la presse hydraulique. L'épreuve ordinaire est de 17 kilogrammes par millimètre carré de la double section du fer. Mais si la chaîne présente quelques défauts apparents, crevasses ou soufflures, par exemple, ou si l'on a des doutes sur la qualité du fer, on élève la pression jusqu'à 20 kilogrammes, tandis qu'on la réduit à 14 kilogrammes seulement pour les très petites chaînes sans étai.

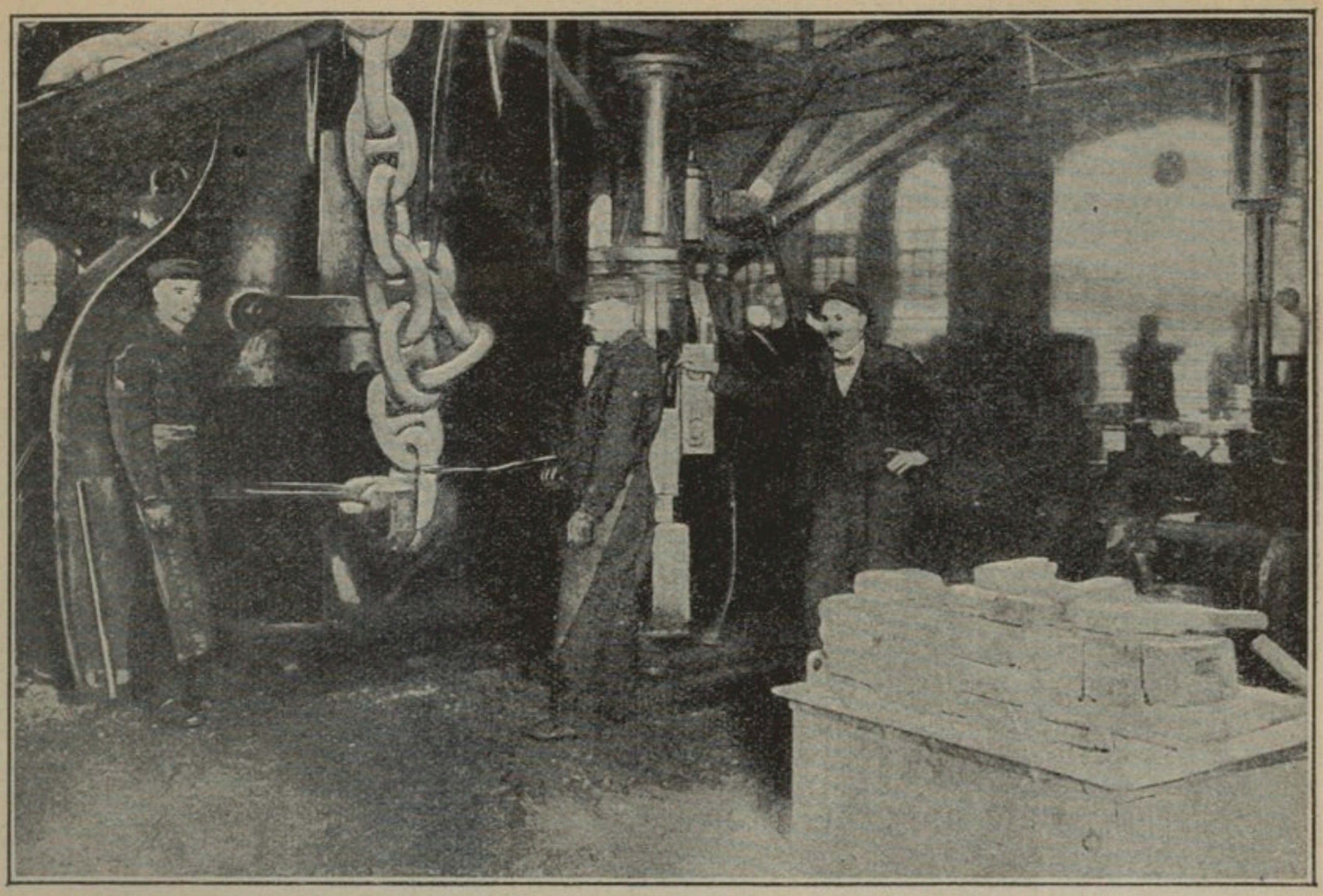
Après les essais à la pression, on visite les chaînes soigneusement, maille par maille, en examinant surtout l'endroit de la soudure, pratiquée toujours sur la tête de chaque maille, à l'endroit précis où les deux amorces se croisent exactement l'une sur l'autre.

M. Oury, maître principal de la marine à Cherbourg, imagina, il y a quelques années, un mode de fabrication des chaînes ordinaires en fer, qui repose sur le principe suivant. Si on projette sur un plan perpendiculaire à sa longueur une chaîne tendue, on a une figure en croix, car les mailles sont alternativement dans des plans rectangulaires et se recouvrent. Donc, en prenant une barre d'acier en croix, puis en opérant une série de matriçages, on réalise, peu à peu,



PREMIÈRE PHASE DE L'OPÉRATION DE LA SOUDURE DES MAILLONS

Après l'enfilage de chaque nouveau maillon, un des hommes amène l'extrémité de la chaîne sous un marteau-pilon à vapeur de 120 tonnes.



SECONDE PHASE DE L'OPÉRATION DE LA SOUDURE DES MAILLONS

Dans des matrices appropriées, le maillon finit par prendre à peu près la forme désirée, sous la pression du marteau-pilon.

la forme des maillons tandis qu'en perçant en même temps des trous au poinçon, on prépare le décollement des anneaux. On arrive, de la sorte, à sculpter la chaîne dans une barre laminée à 5 mètres de longueur, et on obtient ainsi des bouts de chaînes de cette dimension, sans soudure ; il ne reste plus qu'à assembler ces morceaux avec un maillon en acier doux bien soudé pour fabriquer une chaîne de la longueur désirée. Malgré l'ingéniosité de ce procédé, il ne s'est pas généralisé, car il présente malheureusement certaines difficultés de manutention.

MM. Imbert et Léger ont essayé aussi de faire des chaînes en acier coulé sans soufflure, grâce à un démoulage rapide. La difficulté à vaincre résidait surtout dans le grand retrait de l'acier, qui risquait d'occasionner des criques au cours du refroidissement. Ces savants techniciens résolurent le problème par l'emploi d'un moule métallique qui, s'engageant dans l'intérieur du maillon précédent, garantissait la continuité de la chaîne, en même temps que la coulée en coquille maintenait à l'état sain et sans soufflure le métal convenablement choisi. Cette méthode fut appliquée en Angleterre pour fabriquer des chaînes de gros diamètre, en laiton spécial dit « métal Delta », qui résistèrent victorieusement à une charge de rupture de 36 kilogrammes par millimètre carré.

Les gros bâtiments de notre flotte reçoivent trente-deux bouts de chaînes en maillons formant une longueur totale de 960 mètres, qu'on répartit entre leurs diverses ancres. Les chaînes de chacune de ces dernières se logent dans un puits séparé ; elles se manœuvrent au moyen de cabestans, de linguets, de plans plus ou moins inclinés, de cous de cygnes et de stoppeurs.

Quand le bâtiment est stationnaire au mouillage, on maintient la chaîne à l'aide du tour de bitte, des bosses ou du stoppeur-étrangloir du faux-pont, qui est là par mesure de précaution. Mais sous aucun prétexte on ne doit poser le levier du pied de biche afin de ne pas user les angles de la partie du chemin de fer qui doit, lorsqu'on veut s'en servir, fonctionner comme buttoir. Or cette usure arriverait inévitablement par le frottement de la chaîne, tantôt raide, tantôt molle lorsque le navire se trouve au mouillage.

Si on veut garnir la chaîne au cabestan, on doit défaire le tour de bitte tandis qu'on la maintient par le pied de biche baissé et par

des bosses sur l'avant. En ce cas particulier, sans doute, le pied de biche travaille mais durant un temps extrêmement court.

Lorsque la chaîne file en mouillant, on l'arrête grâce au stoppeur à lunettes qu'on a la faculté de serrer graduellement de façon à faire riper la chaîne avant de l'étrangler complètement ; alors que si l'on utilisait le linguet à pied de biche, la chaîne brusquement arrêtée se romprait facilement.

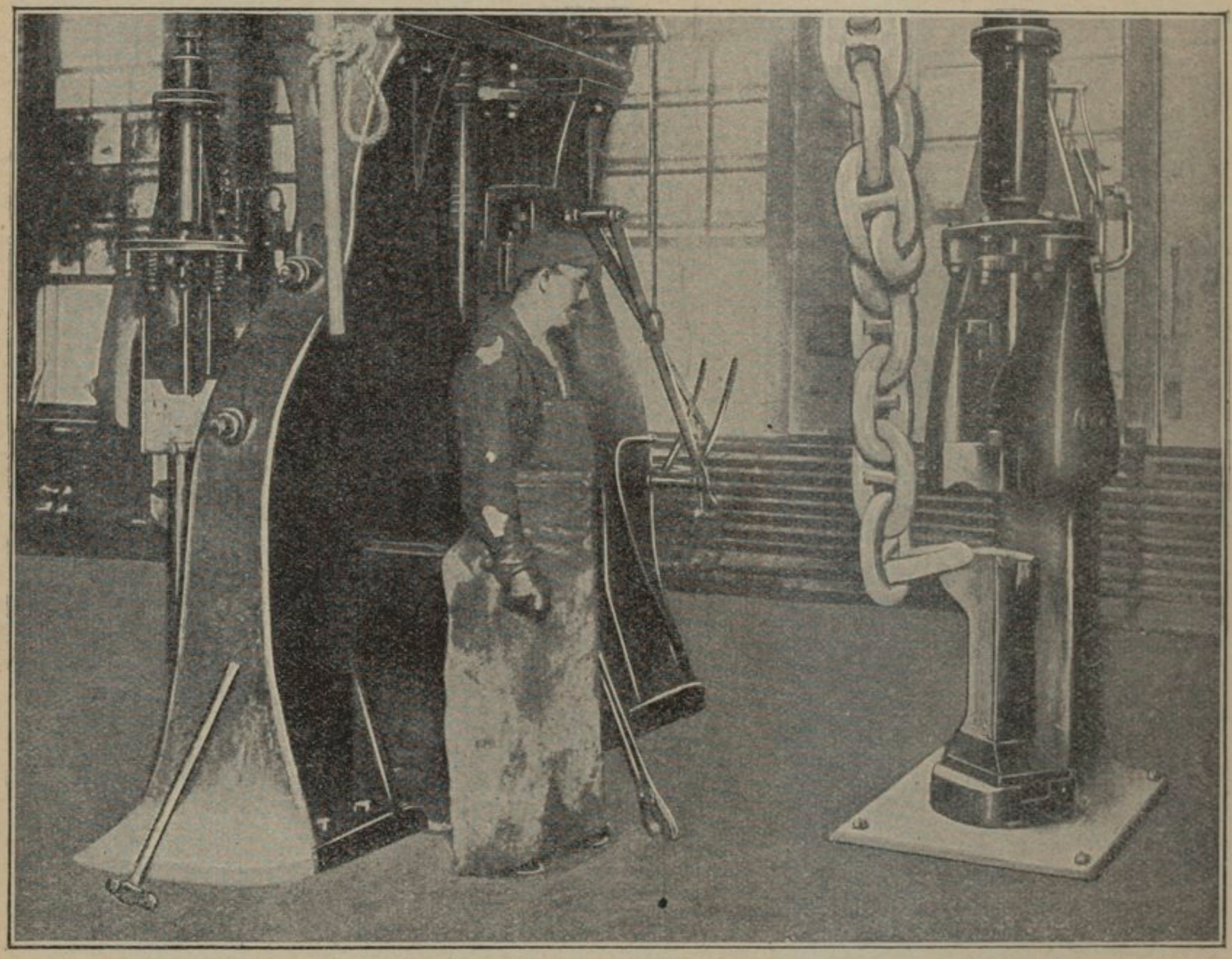
Dans le virage au cabestan, pour éviter d'être gagné par la chaîne et qu'un fort coup de tangage ou une risée ne fasse dériver le cabestan, on emploie utilement le pied de biche baissé ou des linguets du cabestan.

Enfin pendant que l'ancre demeure suspendue à l'écubier pour qu'on aille crocher le capon, on maintient la chaîne par le pied de biche et par des bosses sur l'avant ; puis on dégarnit le cabestan afin de pouvoir filer la chaîne une fois le capon embarqué.

D'autre part, à la fin d'une campagne, il faut intervertir l'ordre des maillons des chaînes pour que ce ne soit pas toujours les mêmes qui subissent les détériorations résultant du séjour dans l'eau, des frottements répétés aux écubiers, au cabestan et aux étrangloirs. Les règlements de la marine française recommandent d'ailleurs de visiter souvent les chaînes, au cours des croisières ou des expéditions, de les démaillonner afin de constater le libre jeu du boulon et de la manille, ainsi que de nettoyer avec le plus de soin possible les puits de logement.

Ces derniers détails ne rentrent peut-être pas dans notre sujet, mais ils n'en sont pas moins intéressants car ils montrent l'importance énorme qu'ont les chaînes à bord des navires, de guerre ou autres. En terminant, nous ferons remarquer que les peuples de l'antiquité connaissaient les chaînes et que leur façon de les fabriquer ne s'éloignait pas sensiblement du forgeage à main tel qu'on le pratique encore, à l'heure actuelle, dans certains petits ateliers.

GEORGES BARENTON.



LE MAILLON EST SOUMIS A UN DERNIER TRAVAIL : LE FINISSAGE

Après avoir réchauffé chaque maillon au feu de forge, l'ouvrier l'amène, au moyen de la grue, dans un moule spécial où il le martèle mécaniquement pour lui donner sa forme définitive.

LES A-COTÉS DE LA SCIENCE

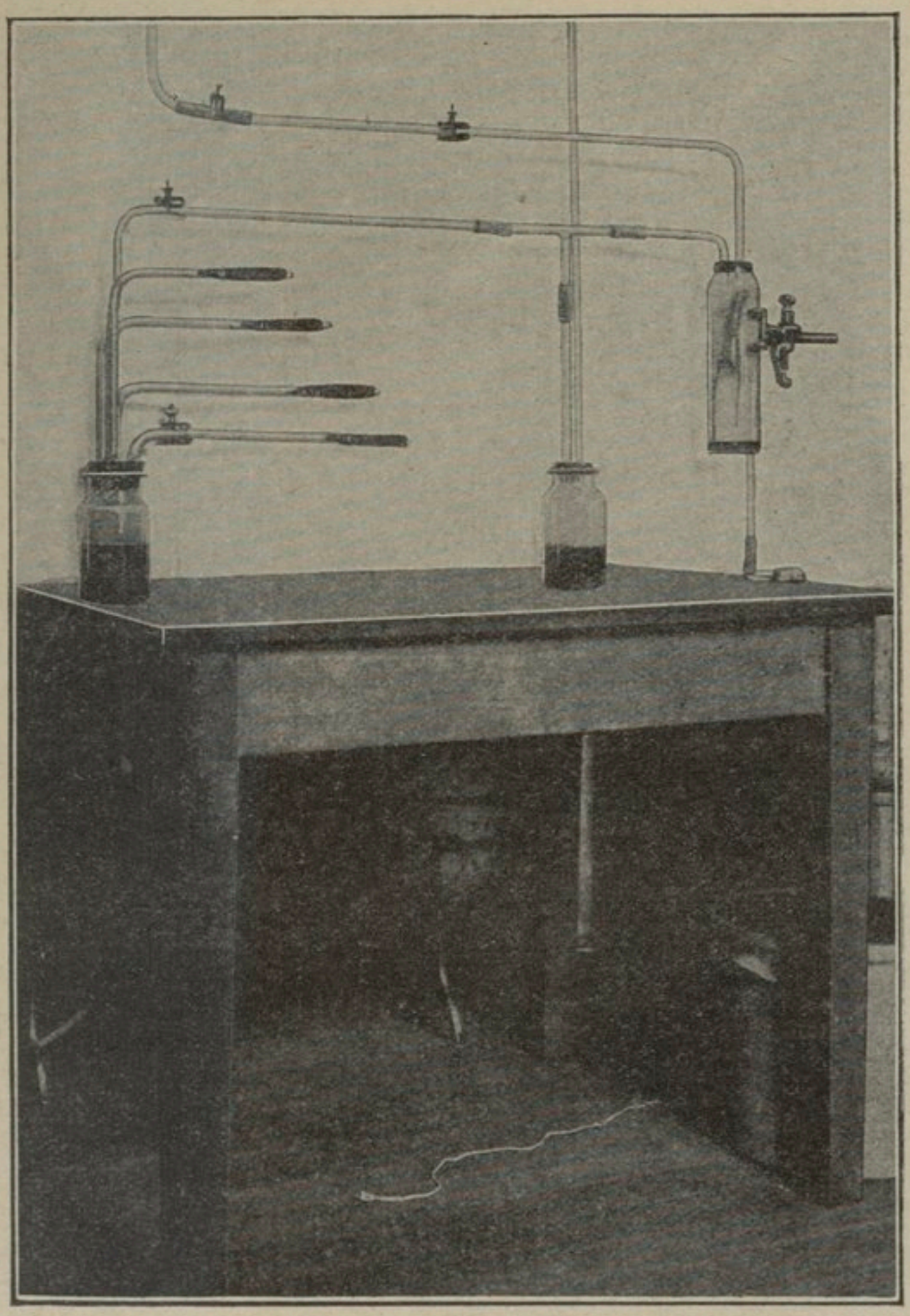
INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Une curieuse machine à fumer les cigares

Il existe à la Manufacture nationale des tabacs de Reuilly des dégustateurs chargés de fumer, du matin au soir, des cigares, des cigarettes et des pipes afin de se rendre compte de la valeur des produits que la Régie se propose de mettre en vente. Mais l'oncle Sam est plus pratique et moins routinier que l'administration française ! Afin de ne pas imposer à ses fonctionnaires de faire concurrence aux cheminées de Pittsburg ou de Chicago, le département de l'agriculture des Etats-Unis vient d'adopter une machine simple permettant d'instituer des expériences très précises sur les conditions de rapidité et de régularité dans lesquelles se fument les différentes sortes de cigares américains. Personne n'ignore, en effet, que certains cigares se fument plus ou moins bien. Généralement, il est impossible de dire pourquoi. La cause peut être attribuée soit à la qualité du tabac, soit à la manière dont les feuilles ont été préparées, puis transformées en « cinq-centimados » ou en « havane supérieur », soit enfin et souvent au fumeur lui-même...

Pour arriver à déterminer avec exactitude la raison de ces différences, et, par suite, à améliorer d'une part la culture du tabac, et, d'autre part, la fabrication des cigares, le Dr Garner se sert de la machine dont nous allons donner une courte description. Etant rigoureusement automatique, elle supprime l'intervention du fumeur, avec tous les inconvénients qui résultent de cette divergence dans les résultats à laquelle les savants ont donné le nom d' « équation personnelle », et permet de recueillir aisément des résultats à la fois très précis, très nombreux et toujours parfaitement comparables entre eux.



L'APPAREIL DU DOCTEUR GARNER

Rappelons ici tout d'abord qu'un cigare, quelle que soit sa qualité, se compose de trois parties bien distinctes. L'intérieur, ou, pour employer le terme du métier, la *tripe*, est formée de morceaux de feuilles découpées en longueur qui constituent le corps du cigare. Une première enveloppe, dite *sous-cape*, maintient tous ces morceaux et donne à la « poupée » — comme on appelle alors le petit faisceau obtenu, — sa forme exacte et définitive.

Enfin, la *cape* ou la *robe*, qui n'est autre qu'une lanière de tabac fin, vient s'enrouler en spirale autour de la poupée pour en faire le cigare

tel qu'on se le procure dans le commerce.

Il est d'expérience courante, dans les manufactures de tabac, que la manière dont un cigare se consume est le meilleur critérium de sa qualité. Chacune des parties que nous venons d'énumérer concourt à la perfection de l'ensemble, mais la robe, ou feuille d'enveloppe extérieure, en régularisant la « vitesse de brulure », si l'on peut ainsi parler, est l'élément essentiel de la fabrication d'un cigare, dans ce sens qu'il influe plus que tout autre sur la finesse de ce dernier et également sur l'arome.

La nouvelle machine est donc destinée à faire des observations scientifiques sur la vitesse de brûlure, sur sa régularité, sur sa durée, sur la qualité des cendres et autres résidus et leur composition chimique.

Quoiqu'il serve à beaucoup de choses, l'appareil employé par le Dr Garner n'a rien d'extrêmement compliqué. Il se compose de trois organes principaux : une série de tubes en verre faisant l'office de porte-cigares, un aspirateur et un siphon automatique disposé de façon à régler l'intermittence des aspirations avec la justesse d'un chronomètre parfaitement réglé.

Ainsi qu'il est aisé de s'en rendre compte au moyen de la photographie qui accompagne cet article, les cigares, au nombre de quatre, sont maintenus horizontaux dans des tubes à bout légèrement conique, dont l'extrémité inférieure plonge dans un vase à moitié rempli d'eau, fermé par un bouchon.

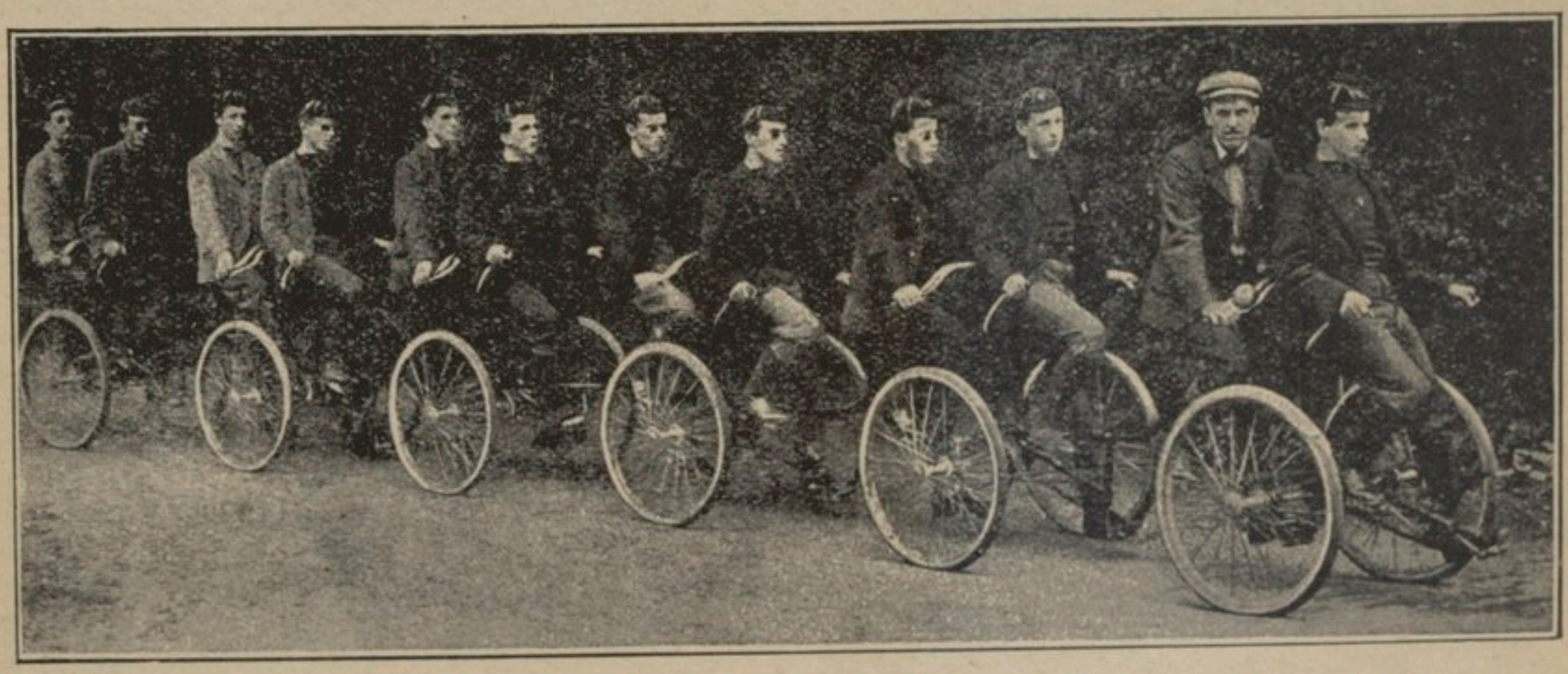
Ce premier vase est relié à un autre, placé en contrebas, au moyen d'une tubulure métallique, qui, par une bifurcation en forme de T, rejoint le siphon d'aspiration que l'on voit à droite de la figure (page précédente).

Cycle à 12 roues pour aveugles

Au Collège royal pour les aveugles d'Upper Norwood, près de Londres, on voit un multicycle probablement unique au monde. Ce curieux vélocipède se compose de six paires de roues accouplées et permet à onze jeunes gens frappés de cécité de se livrer à ce sport. Naturellement, un voyant sert de guide à la caravane. Comme le montre notre photographie, il se met le deuxième. Grâce à la liaison parfaite des véhicules entre eux, le « douzicycle » se comporte très bien dans les courbes les plus brusques et, depuis les quelques mois qu'il fonctionne, il n'a causé aucun accident. Un semblable appareil serait très agréable à nos aveugles vivant en commun.

La fatigue de l'œil et le cinématographe

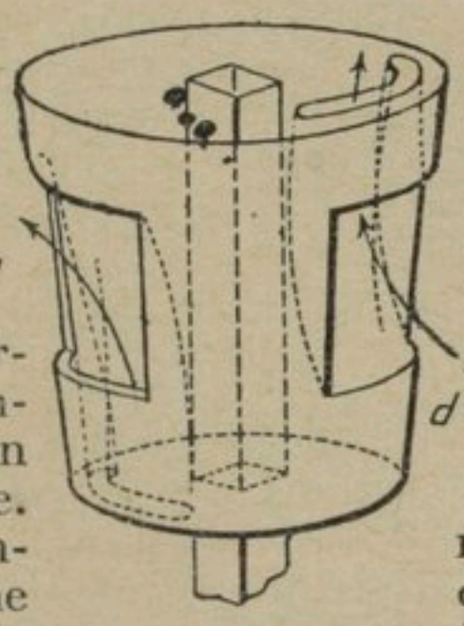
M. Gordon L. Berry, secrétaire de la Commission nationale américaine de prévention de la cécité, a étudié la relation que l'on pouvait établir entre l'abus ou du moins la fréquentation renouvelée du cinématographe et la fatigue visuelle. Ses conclusions, dont nos lecteurs pourront tirer profit, sont les suivantes : les films cinématographiques présentant des défauts, des défauts de photographie (taches, raies, coupures, etc.) et de fabrication (transparence inégale des portions d'un même film par suite d'un grain irrégulier ou impur, d'une épaisseur non homogène, etc.) peuvent fatiguer beaucoup la vue des fervents amateurs de vues animées, et cette fatigue peut indiquer un état anormal des organes visuels qui reclame une attention immédiate de la part de l'oculiste ; en d'autres termes, si ces vues animées ne sont pas la principale cause du trouble de vision constaté, elles en peuvent révéler l'existence. Un écran de verre interposé entre la toile et les spectateurs, une salle aussi éclairée qu'il est possible de le faire, une place au centre de la salle et jamais à moins de 6 mètres de l'écran (plus on est loin et mieux cela vaut), telles sont, paraît-il, les conditions les plus favorables pour éviter une trop grande et dangereuse fatigue de l'œil au cinématographe.



LE MULTICYCLE DES ÉLÈVES AVEUGLES DU COLLÈGE ROYAL D'UPPER NORWOOD

Une soupape silencieuse et auto-graisseuse

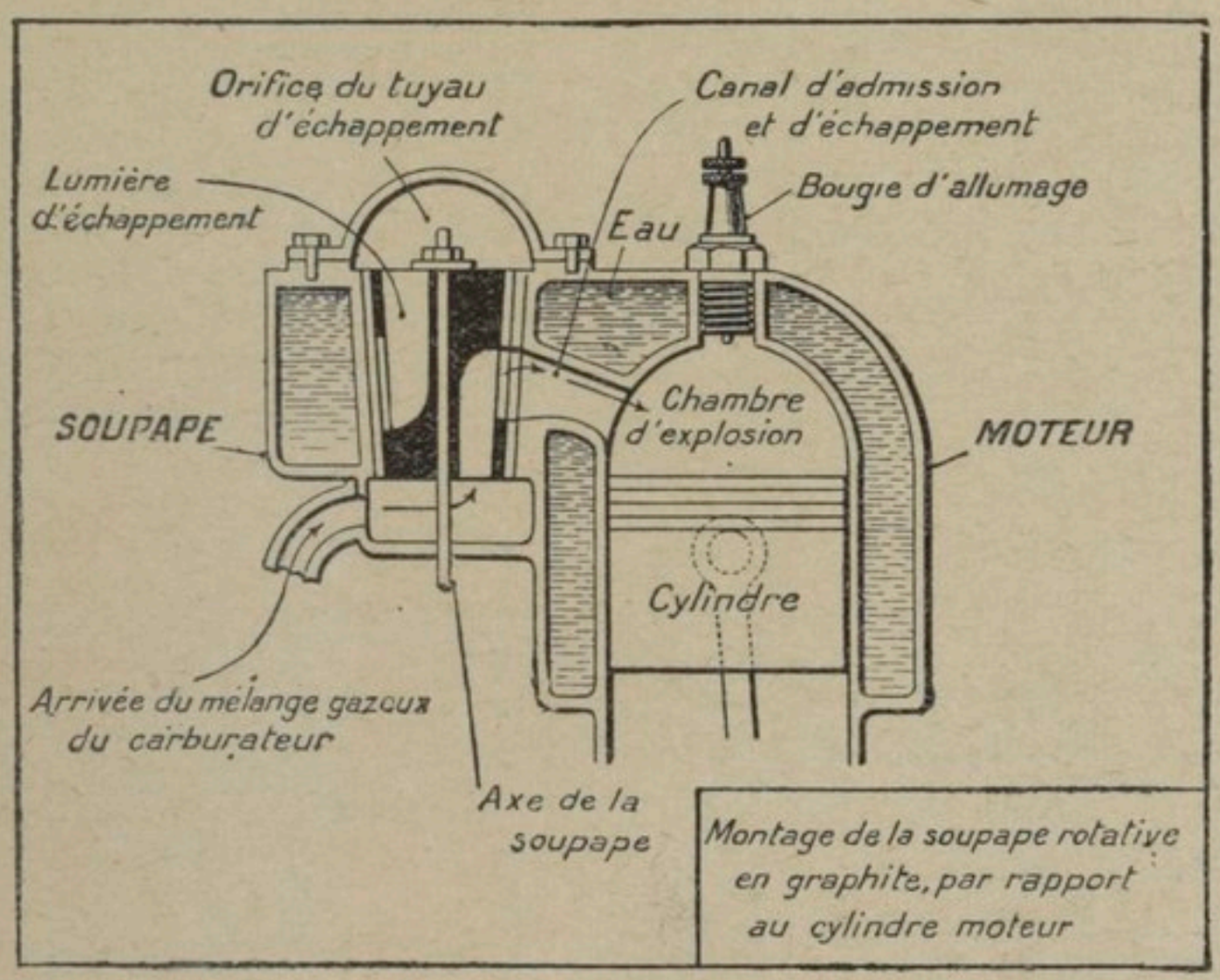
Nous avons parlé à différentes reprises des utilisations sans cesse plus nombreuses dont le graphite, ou plombagine, fait l'objet. Ce corps, on le sait, est une variété de carbone très intéressante par ses qualités lubrifiantes et de haute résistance à la chaleur. Ce sont ces deux qualités réunies qui viennent encore d'être mises à profit dans la fabrication de la nouvelle soupape que nous présentons ici. Cette soupape est faite en graphite très pur; elle a la forme d'un cône tronqué et tourne sur elle-même autour d'un axe vertical auquel l'arbre-manivelle communique un mouvement de rotation par l'intermédiaire d'un engrenage.



DÉTAIL DE LA SOUPAPE

Cette soupape est absolument silencieuse, puisque sa petite base ne quitte jamais le siège sur lequel elle repose et qu'elle tourne à frottement doux ; elle est aussi pratiquement auto-graisseuse et peut, en outre, supporter la haute température des gaz brûlés sans se déformer ni coller sur son siège, comme c'est si souvent le cas avec les soupapes rotatives employées aujourd'hui et portant ou frottant métal contre métal.

Comme le montre le dessin, la soupape est pourvue de deux lumières rectangulaires creusées chacune dans ses parois en des points séparés de 20 degrés. Un canal prolonge l'une de ces lumières jusqu'au sommet évasé de la soupape ; un autre prolonge la seconde lumière jusqu'au fond de l'appareil. L'ouverture du sommet sert pour l'échappement des gaz brûlés et celle du fond pour l'admission du mélange gazeux provenant du carburateur.



LA SOUPAPE OCCUPE SUR LE DESSIN LA POSITION QUI CORRESPOND A L'ADMISSION DU MÉLANGE GAZEUX DANS LA CHAMBRE D'EXPLOSION

Du commencement à la fin de la course d'aspiration du piston, la soupape occupe sur son siège une position telle que le mélange comburant peut la traverser et pénétrer dans la tête du cylindre ou chambre de combustion. La soupape étant amenée à tourner moitié moins vite que l'arbre moteur, il s'ensuit que le piston a juste le temps d'accomplir sa course de compression, qui s'achève par l'allumage et l'explosion, pendant que la soupape tourne d'une quantité suffisante pour que sa lumière d'échappement soit en regard du canal unique reliant le corps de la soupape au cylindre. A ce moment, les gaz brûlés, empruntant ledit canal, passent du cylindre dans la soupape, traversent le second canal et la seconde lumière de celle-ci pour gagner le tuyau d'échappement. Ayant accompli un cycle complet, la soupape se retrouve alors en position pour permettre l'admission d'une nouvelle quantité de comburant dans le cylindre, et ainsi de suite.

Pour quiconque possède une automobile, la suppression des incidents de soupapes, encore si fréquents aujourd'hui, a une importance capitale. On conçoit donc tout l'intérêt que présente l'appareil reproduit ci-contre comparativement aux soupapes de fonte ou de bronze qui se brisent si facilement ou qui se collent sur leur siège sous l'influence des huiles décomposées par la chaleur. La fâcheuse panne a encore là un ennemi de plus et elle finira par disparaître totalement à la grande joie des automobilistes.

Une petite pompe à bon marché

On peut avoir besoin d'une petite pompe, soit pour des expériences de laboratoire, soit pour s'amuser ou pour amuser. Un de nos lecteurs en suggère un modèle infiniment ingénieux qu'un enfant même peut fabriquer de ses mains avec des matériaux usuels et peu coûteux. La gravure qu'on trouvera à la page suivante est suffisamment détaillée, et elle nous dispense d'expliquer la construction de l'appareil. Il nous suffira de dire que les galets ou roulettes qui terminent chacun des bras du croisillon monté sur pivot sont amenés les uns après les autres

à appuyer contre le coude du tuyau de caoutchouc qui constitue à la fois le tuyautage et le corps de pompe ; le frottement doit être doux et l'écrasement du tuyau ne pas dépasser la moitié de son diamètre pour ne pas détériorer rapidement le tube de caoutchouc. L'axe du croisillon peut être muni d'une poulie, afin de permettre l'entraînement mécanique, ou d'une manivelle si la pompe doit fonctionner à la main. Le fonctionnement s'explique de lui-même : chaque compression du tube produit un vide partiel que l'eau s'empresse de combler ; ces vides se succédant rapidement, l'amorçage s'opère automatiquement et très vite ; ensuite, à l'action du vide, s'ajoute celle de la montée verticale de chaque galet contre le tube et en le pressant, action qui peut se comparer à celle d'un piston dont le corps ne remplirait pas complètement le cylindre. Regardez attentivement la figure ci-dessus, et dites si vraiment l'idée n'est pas ingénieuse, simple et surtout peu coûteuse à réaliser.

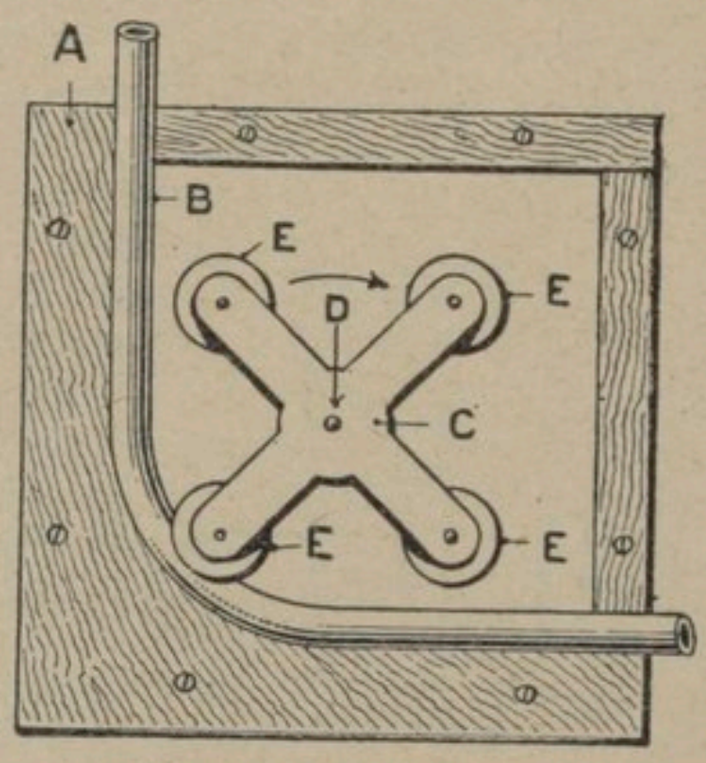


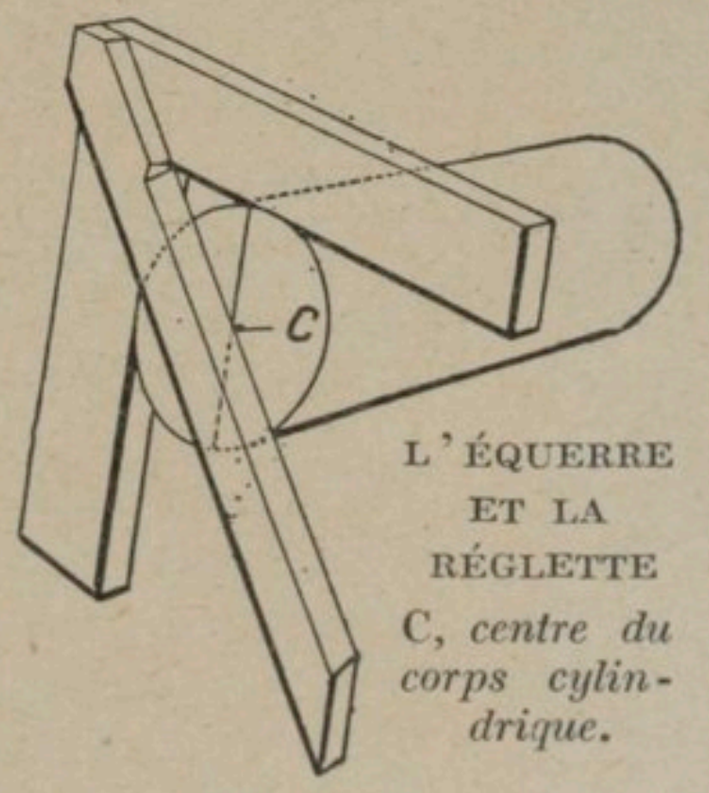
SCHÉMA DE LA CONSTRUCTION DE LA PETITE POMPE ÉCONOMIQUE

Un bout de tube en caoutchouc B *est courbé dans un châssis de forme appropriée* A ; *quatre roulettes* E *montées aux extrémités d'un croisillon* C *tournant autour de l'axe* D, *et voilà notre pompe établie.*

Pour trouver le centre d'un corps cylindrique

Construisez ou faites construire très soigneusement l'instrument que représente la gravure et qui consiste en une équerre en fer contre laquelle est rivée, sur une seule face et suivant la bissectrice de l'angle formé par les deux branches, une réglette dont une arête est biseautée ; à vrai dire, c'est cette arête qui forme la bissectrice de l'angle ; elle se trouve par conséquent à 45 degrés de chaque branche de l'équerre. Maintenant, il est clair que si l'on cale le cylindre dont on veut déterminer le centre contre les côtés de l'équerre en appuyant en même temps sa section contre la réglette, puis que l'on trace sur cette section deux lignes décalées d'un angle quelconque, on obtiendra par intersection de ces deux lignes le centre cherché. Bien entendu, la mesure sera d'autant plus juste que la surface de la section du corps sera le mieux dressée et que l'instrument sera lui-même construit avec le plus de précision. Toutefois, pour plus d'exactitude, il peut être préférable, dans certains cas, de faire intersecter plus de deux lignes.

C'est un excellent conseil que nous donnons à ceux de nos lecteurs qui voudraient utiliser ce petit instrument réellement simple et pratique.

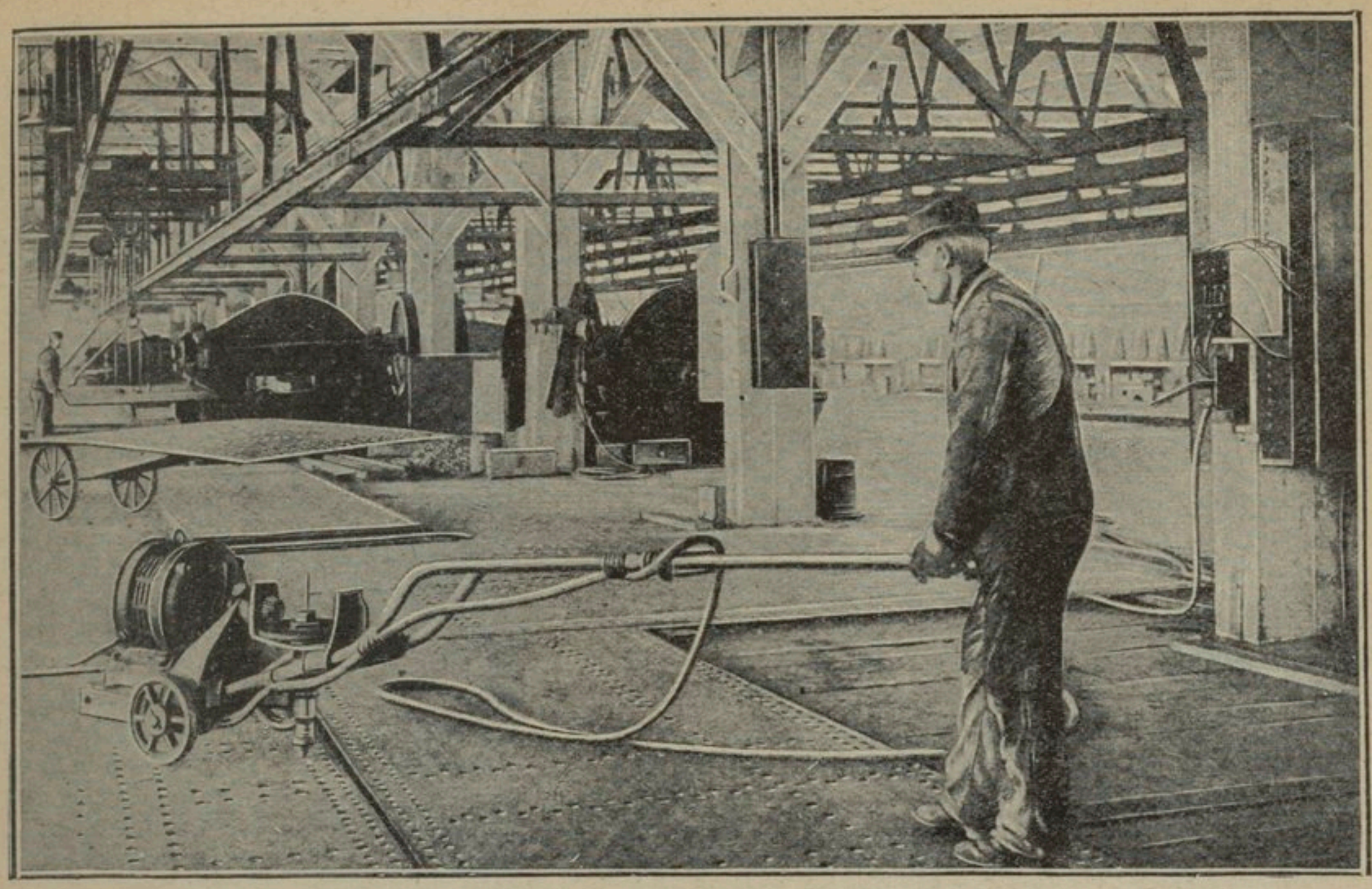


L'ÉQUERRE ET LA RÉGLETTE

C, *centre du corps cylindrique.*

Le progrès dans l'outillage mécanique

Pour percer, fraiser, river, etc., des plaques métalliques ayant plusieurs mètres de longueur et de largeur, pour les travailler non seulement le long des bords, mais, par exemple, pour les percer en différents points de leur surface, on ne saurait les placer sur le plateau de machines fixes. C'est cette difficulté qui, nécessitant pour être résolue un outil mobile, a fait adopter la série des perceuses, fraiseuses, etc., pneumatiques dans tous les ateliers où des travaux de ce genre doivent être exécutés. Notre gravure (page suivante) représente, cependant, un outil mobile d'un type différent, bien combiné. Il se compose essentiellement d'un petit chariot très bas portant un moteur électrique entraînant l'outil proprement dit au moyen d'un engrenage conique. Le moteur est relié à la source de courant ou tout au moins à un tableau de distribution, au moyen d'un câble souple de longueur appropriée. Le chariot est muni d'une sorte de long timon qui, dans les mains de l'ouvrier, constitue à lui seul toute la commande de l'appareil. En examinant la figure, on remarque, en effet, que la plus grande partie du poids, représentée par le moteur électrique, se trouve juste en arrière de l'axe des roues. On peut donc assimiler le timon au bras d'un levier ayant pour point d'appui les roues et pour point d'application l'outil. Par sa grande longueur, il permet à l'ouvrier d'appliquer sans effort, sur le fer, la pression nécessaire à la progression plus ou moins rapide de l'outil dans le métal et de le dégager du trou quand il est besoin. On comprend de suite que cette machine est adaptée



PERCEMENT DE TOLES DE NAVIRES DANS UN CHANTIER DE CONSTRUCTION

Cette opération s'effectue au moyen d'une machine-outil électrique montée sur chariot. Par simple pression à l'extrémité du timon, l'ouvrier contrôle la progression de l'outil dans le métal.

à un travail spécial, qu'elle exécute parfaitement, mais qu'on ne saurait l'utiliser pour percer, par exemple, des plaques un peu épaisses ; en effet, l'outil étant solidaire du chariot, il progresse dans le métal non pas verticalement mais obliquement, ou mieux en décrivant un arc de cercle ayant pour rayon la distance qui sépare l'axe des roues du chariot de la pointe de l'outil. Cette distance étant très grande par rapport à l'épaisseur de la tôle pour laquelle on utilise la machine, on comprend que les trous percés sont forcément droits ; d'ailleurs, ils sont destinés à recevoir des rivets et non des pièces ajustées. Bien entendu, le timon sert également à déplacer et à guider la machine-outil.

CET INSTRUMENT PEUT ÊTRE DÉPLACÉ DANS TOUS LES SENS

Lunette marine de grande puissance

La gravure ci-contre représente une forte lunette montée à bord du cuirassé américain *Pennsylvania*.

Cet instrument peut être placé sur le pont ou dans le poste de combat où se tient l'officier directeur du tir. Il est spécialement établi en vue de faciliter la vision et la compréhension des signaux. Avec cet appareil, on peut identifier très rapidement un navire ennemi en observant sa mâture, son armement, et, en général, tous les détails utiles à connaître qui échapperaient à un observateur muni d'une longue-vue ordinaire.

La lunette pivote sur un robuste support cylindrique. On la fait monter et descendre à volonté au moyen de deux leviers à main, comme le montre la photographie ci-dessous.

La saillie que l'on voit sur la partie supérieure du tube de la longue-vue est un viseur permettant d'amener rapidement les objets dans le champ de l'instrument.

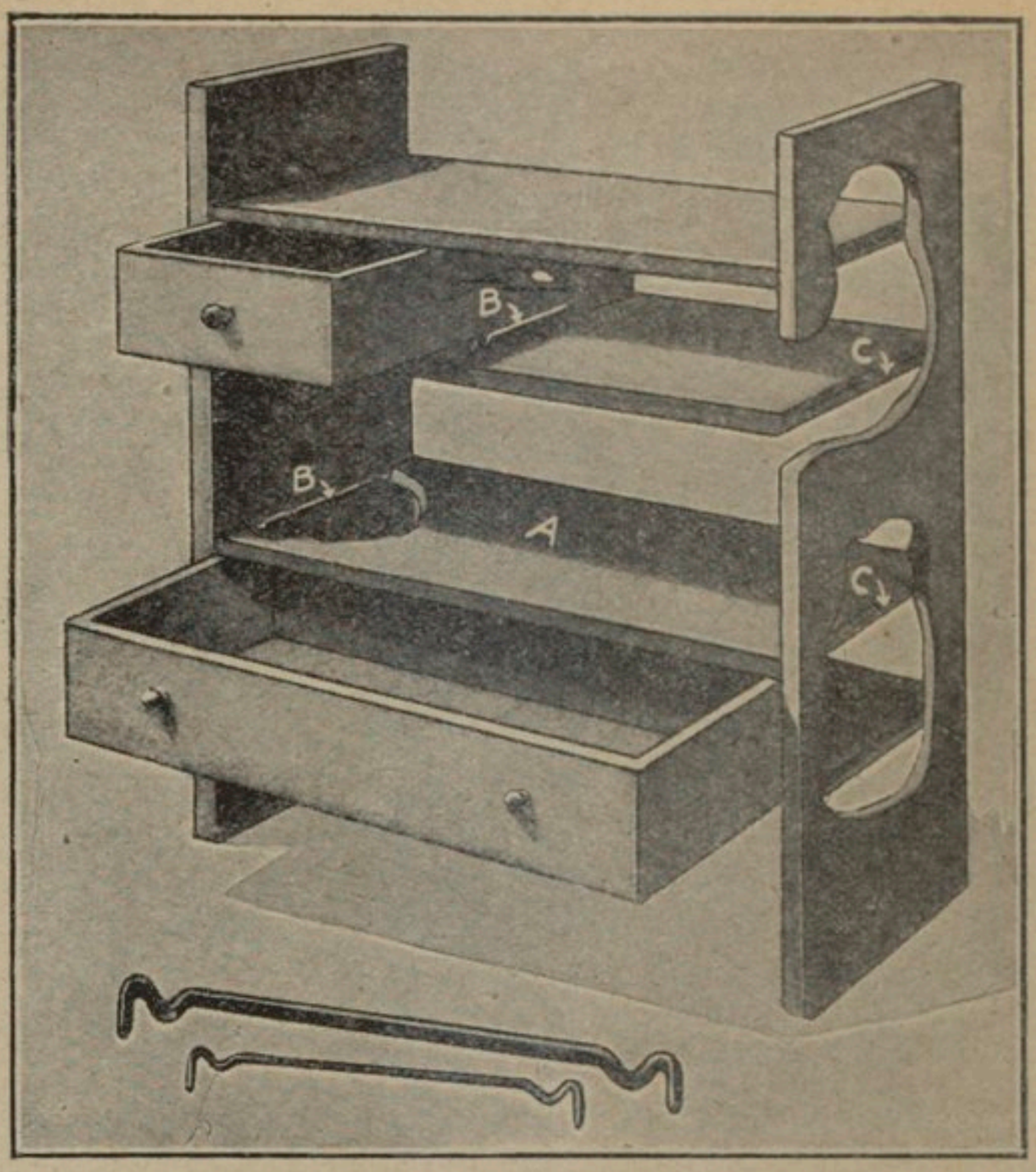
L'observateur peut déplacer transversalement son appareil avec une remarquable facilité, en agissant sur un secteur appuyé contre sa poitrine même.

Meubles sans clous ni colle

Si le mode de construction des meubles que nous allons exposer était généralisé, il suffirait, pour se constituer un mobilier, d'acheter dans un bazar un certain nombre de pièces détachées en bois, et de les assembler avec un simple marteau, sans clous ni colle, grâce à l'emploi de ferrures très ingénieuses spécialement étudiées à cet effet.

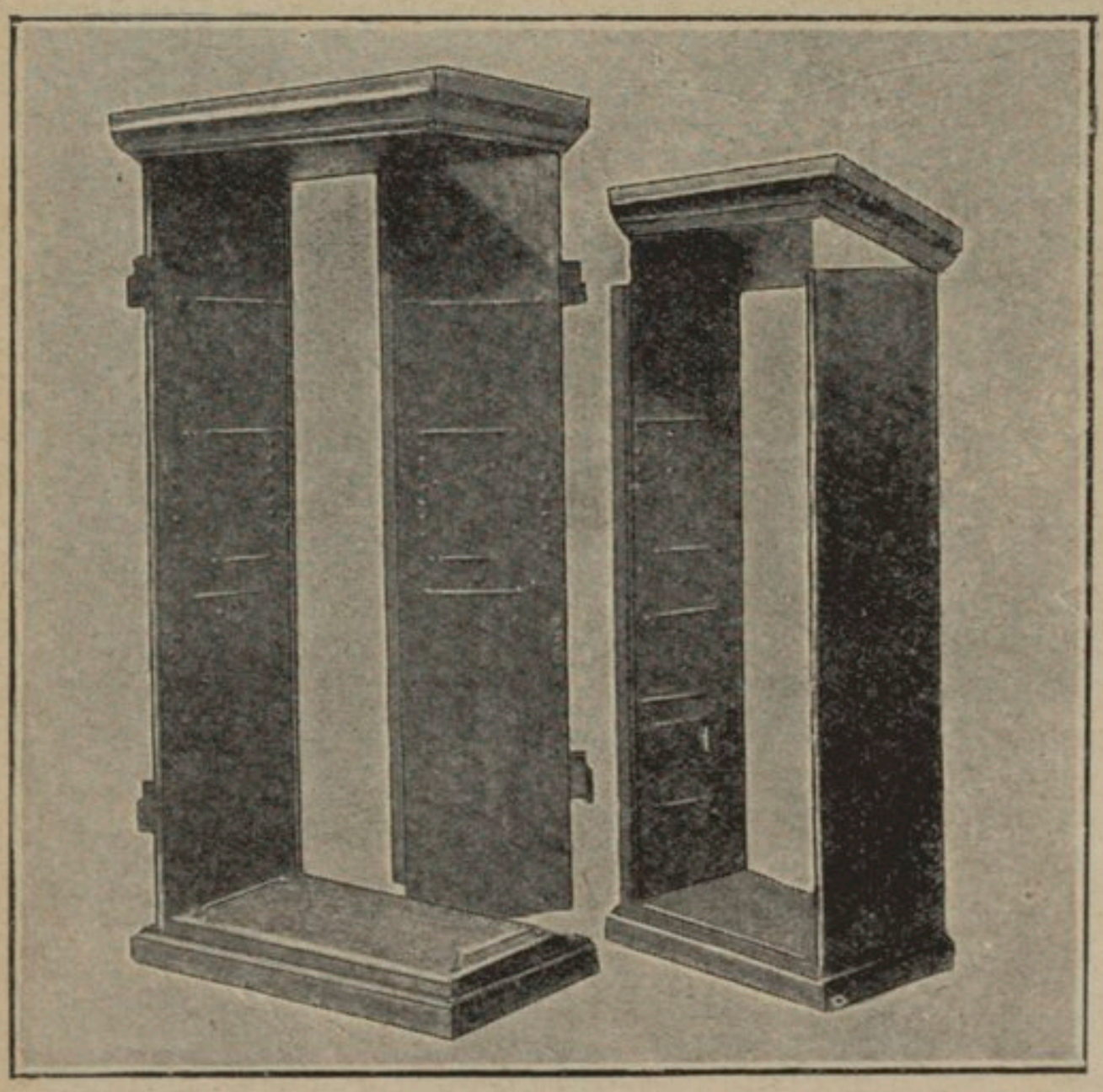
L'inventeur a commencé par établir une série de modèles qui sont le résultat de quinze années d'essais et de recherches. Le point de départ du système a été la création d'une ferrure d'assemblage qui puisse être exécutée à bon marché, en toutes grandeurs, et susceptible de relier solidement entre eux les éléments d'un meuble. On a tout bonnement remplacé les anciens assemblages à queue d'aronde par de simples mortaises pratiquées à chaque extrémité des tablettes.

Les joints n'ont donc plus besoin d'être rabotés ni collés ; les meubles ainsi obtenus ont un aspect propre et sont très solides tout en étant peu coûteux.



MONTAGE DES TABLETTES ET DES TIROIRS D'UN MEUBLE AU MOYEN DE FERRURES SPÉCIALES

Les mortaises d'assemblage C *se trouvent à chaque extrémité des planches* A, *de telle sorte que les ferrures* B *sont invisibles. Deux de ces ferrures, de dimensions différentes, sont représentées au bas de la figure.*



SOCLE, MONTANTS DE COTÉ ET COURONNEMENT DE DEUX ARMOIRES ASSEMBLÉES SANS CLOUS NI COLLE

Les quatre éléments de chaque meuble sont assujettis par un assemblage à tenon et mortaise.

Les mortaises *C* se trouvent à chaque extrémité des planches *A*, de telle sorte que les ferrures d'assemblage *B* sont invisibles. Ce système de construction a aussi l'avantage d'empêcher le bois de gauchir ou de se fendre.

Les principaux éléments d'un meuble sont le socle et le couronnement que l'on relie par des tenons et des mortaises aux montants verticaux ; il suffit ensuite de ferrures pour poser les cloisons et les tablettes. Les tiroirs sont obtenus de la même manière.

Avec des meubles construits de cette façon, on peut changer à volonté la disposition des tablettes, ainsi que leur nombre, et même, si bon semble, les transformer en tiroirs et *vice versa*.

Un autre avantage du procédé est de rendre inutile l'emploi d'ouvriers spécialistes, car un

enfant de huit ans, fille ou garçon, peut exécuter le travail d'assemblage des éléments d'un meuble tant la chose est simple et facile. On procède à la peinture avant le montage, de sorte que ce travail est également beaucoup plus rapide que lorsqu'il s'agit de mettre en couleur et de vernir une armoire ou un buffet entièrement terminés.

Nous ne croyons pas que ce genre d'ébénisterie soit pratiqué en France, mais il est assez répandu aux Etats-Unis. Il suffit de quelques minutes pour démonter un fort meuble.

La brosse électrique pour parquets

Le dernier mot de la commodité en matière de lavage des parquets est représenté par une brosse électrique permettant de faire disparaître immédiatement l'eau qui a servi au nettoyage et fonctionnant au moyen du courant d'éclairage. Le modèle de brosse représenté ci-contre ne met au contact du parquet que de l'eau propre, car l'eau chargée de poussières et d'impuretés est retenue dans un réservoir spécial porté par l'appareil même.

Un domestique peut aisément manœuvrer ce balai perfectionné, car il ne pèse que 45 kilogrammes et mesure 70 centimètres de longueur sur 50 centimètres de largeur. La machine, qui absorbe environ un quart de cheval, est reliée au circuit des lampes de la maison par un fil souple aboutissant à une prise de courant quelconque. Il suffit de pousser la brosse devant soi, pour qu'elle fonctionne automatiquement. Le réservoir contient environ 30 litres d'eau additionnée de savon ou d'un produit désinfectant. L'opérateur règle l'aspersion de l'eau sur le parquet en agissant sur le manche de la brosse, ce qui provoque l'ouverture ou la fermeture des tuyaux de conduite. La brosse cylindrique, qui a 56 centimètres de diamètre et 35 centimètres de longueur, marche à la vitesse de 600 tours par minute. L'eau sale, comme nous l'avons dit, est refoulée dans un réservoir dès qu'elle a servi, ce qui permet de laver les parquets à l'eau pure au lieu d'utiliser sans cesse le même liquide, comme le font trop souvent les ménagères.

La brosse électrique fait le travail de cinq à dix domestiques ; quand on la pousse en avant à la vitesse de 1.600 mètres à l'heure, on lave dans le même temps environ 465 mètres carrés, c'est-à-dire au moins cinq fois plus de superficie qu'on n'en peut nettoyer avec une brosse à main.

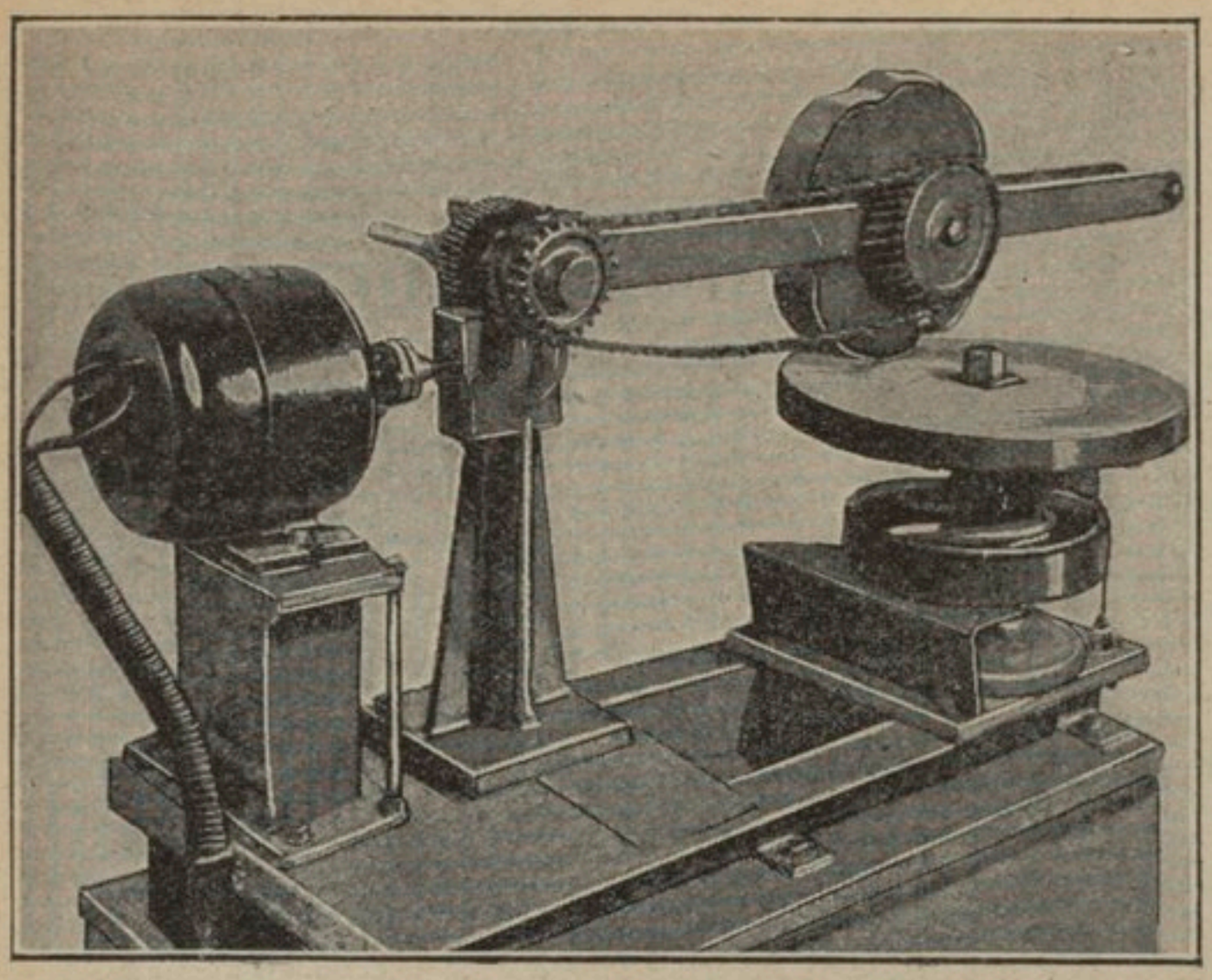
VALET DE CHAMBRE LAVANT UN PARQUET AU MOYEN DE LA BROSSE ÉLECTRIQUE

Machine à essayer les semelles de chaussures

L'essai des matériaux, avant ou après leur emploi, est une des branches les plus importantes de l'art de l'ingénieur. Dans beaucoup de cas, comme, par exemple, pour l'acier et pour les colonnes de béton armé, les essais indiquent exactement la résistance de la matière, dans les conditions réelles du travail. Pour les matériaux plus mous, il est difficile d'instituer des essais qui reproduisent les conditions de service avec assez de précision pour que l'on puisse obtenir une indication satisfaisante de la valeur exacte de la matière employée.

Le cuir a une grande importance au point de vue militaire; mais, jusqu'ici, on a rencontré des obstacles insurmontables en ce qui concerne les essais comparatifs des cuirs. Les achats de souliers pour l'armée se font d'après les clauses de cahiers des charges qui peuvent exiger, par exemple, « la meilleure qualité de cuir tanné à l'écorce de chêne pour les semelles ». On suppose que ce procédé fournit le meilleur et le plus durable des cuirs pour semelles.

Il est très possible de distinguer, au moyen de l'analyse chimique, entre plusieurs échantillons de cuirs, ceux qui sont ou non tannés au chêne. Les résultats de l'analyse



MACHINE A ESSAYER LES SEMELLES DES CHAUSSURES

n'indiqueront cependant pas si réellement le cuir tanné à l'écorce de chêne est le meilleur au point de vue de l'usure ni lequel de deux échantillons est supérieur à l'autre.

Les marchands de cuir et les fabricants de souliers se sont efforcés de trouver une machine permettant de constater la résistance des cuirs à l'usure au moyen d'un essai de frottement très vif sur une matière « abrasive » telle que l'émeri.

L'essai consiste à maintenir des échantillons de poids connu, pendant un temps donné, au contact d'un disque d'émeri tournant à une vitesse fixée. On mesure facilement le degré d'usure en pesant les échantillons à la fin de chaque épreuve.

Dans la machine à essayer les semelles actuellement en service au bureau des modèles, à Washington, on a remplacé l'émeri par du mortier de ciment, de manière à se rapprocher le plus exactement possible des conditions de la marche.

Les échantillons soumis à l'épreuve sont fixés au nombre de trois, à la surface extérieure d'une came ayant la forme d'un trèfle et qui tourne à grande vitesse (Voir la photo ci-dessus).

Pour un échantillon moyen, ayant 20 centimètres de longueur sur 5 de largeur, et pesant environ 70 grammes, on constate une perte variant de 5 à 25 grammes pendant un essai de 22 heures correspondant à 40.000 tours de la machine, c'est-à-dire au trajet qu'effectuerait un homme sur 35 kilomètres.

La stérilisation des aliments chez soi

Le mot d'ordre, dans toutes les régions agricoles, surtout aux Etats-Unis, est de généraliser le plus possible l'usage des autoclaves de stérilisation dans les fermes et dans les habitations; on voit également augmenter rapidement partout le nombre des grands appareils pour hôpitaux, collèges, etc., ainsi que des petites installations commerciales.

Cette question a aussi une grande importance chez les Alliés, car leur succès dépend en grande partie du ravitaillement du front.

Non seulement les friandises, mais les fruits et aussi les aliments substantiels tels que les pommes de terre, les plats cuisinés, les haricots verts, etc., peuvent être facilement conservés. On réalise ainsi des économies extrêmement importantes, en évitant tout déchet.

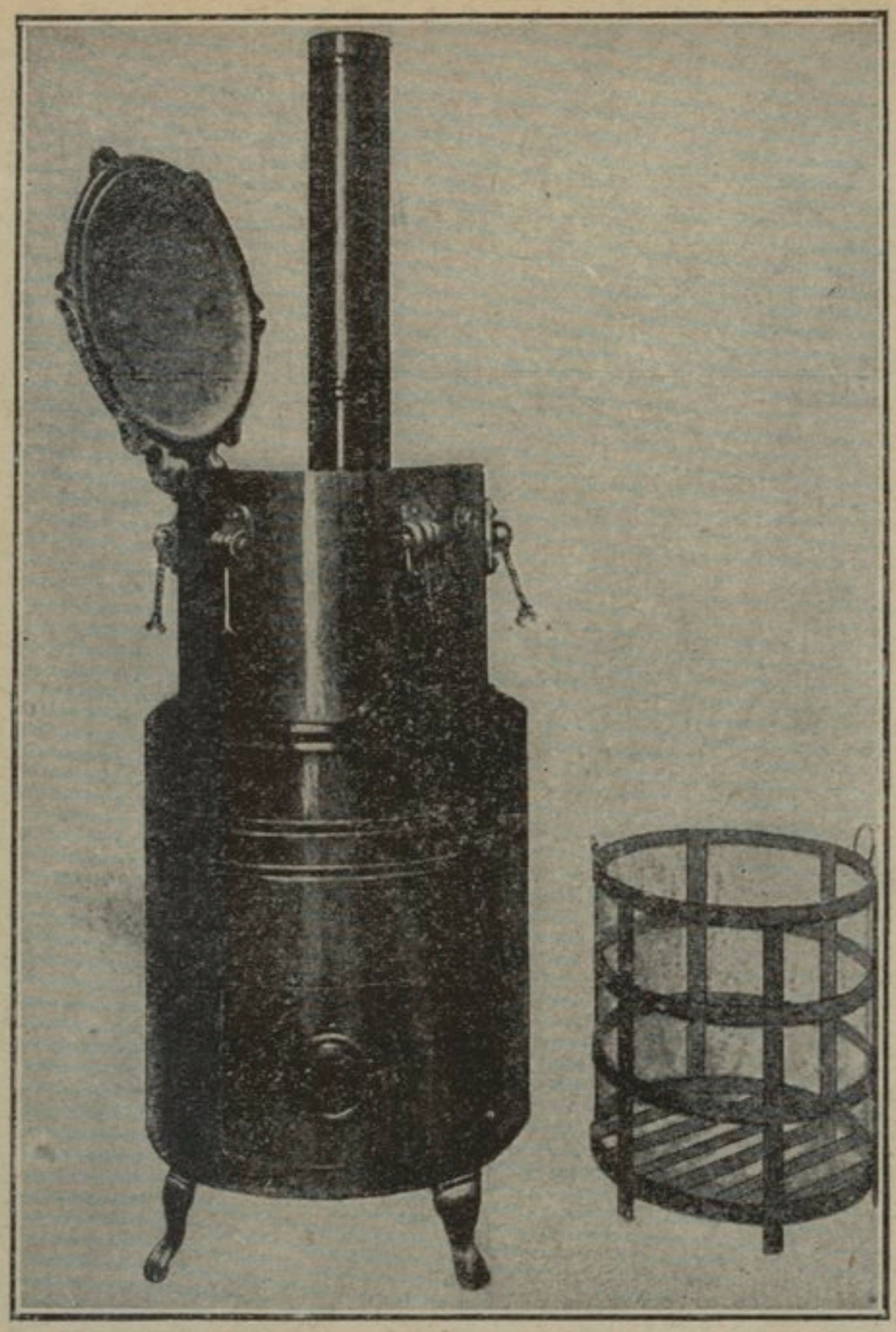
On a résolu la principale difficulté qui s'opposait au développement de la stérilisation à domicile en vulgarisant l'emploi des petites cuisinières chauffant à la vapeur.

La plupart des ménagères ont l'habitude de faire bouillir les aliments à 100° au plus, mais les appareils à vapeur font monter la

BOITES DE CONSERVES PLACÉES DANS LE PANIER DE L'AUTOCLAVE POUR ÊTRE STÉRILISÉES

température à 120°, sous une pression de 2 à 8 kilos, ce qui détruit tous les germes et les microbes. On empêche ainsi les fruits et autres aliments conservés de se gâter par suite d'une stérilisation insuffisante, et c'est ce qui fait le succès de l'autoclave de cuisine, qui est un appareil peu coûteux, en somme.

Le stérilisateur consiste en une marmite d'acier munie d'un couvercle à encoches, que l'on ferme hermétiquement au moyen de tirants à vis. L'appareil comporte un manomètre, une soupape de sûreté, un robinet de décharge et une sorte de panier en toile métallique dans lequel on place les bidons ou les boîtes de conserves.



LA CHAUDIÈRE AUTOCLAVE ET SON PANIER

On recommande aux débutants de n'employer que des produits de première qualité en ayant soin de se servir d'eau d'une pureté absolue et d'ustensiles particulièrement propres.

On met dans la chaudière les boîtes fermées, et on porte la température à 75° afin de chasser l'air et de faire gonfler les aliments. On soude ensuite les boîtes et on les introduit dans le panier de toile métallique que l'on descend sans perdre de temps à l'intérieur de la marmite. Après avoir assujetti le couvercle, on porte la vapeur à la pression voulue, que l'on maintient pendant un certain temps. Le robinet de décharge est ensuite graduellement ouvert, ce qui permet à la pression de la vapeur de diminuer lentement jusqu'à ce que le manomètre marque zéro, et on peut alors ouvrir la marmite sans danger. Après une courte attente, on sort le panier contenant les boîtes que l'on plonge successivement dans l'eau chaude, puis dans l'eau tiède. Si les récipients employés sont en verre, il faut veiller à ce que le refroidissement soit lent, afin d'éviter la casse. Il serait désirable de construire, en France, des appareils de ce genre à l'usage des particuliers : les cas d'intoxication alimentaire seraient plus rares.

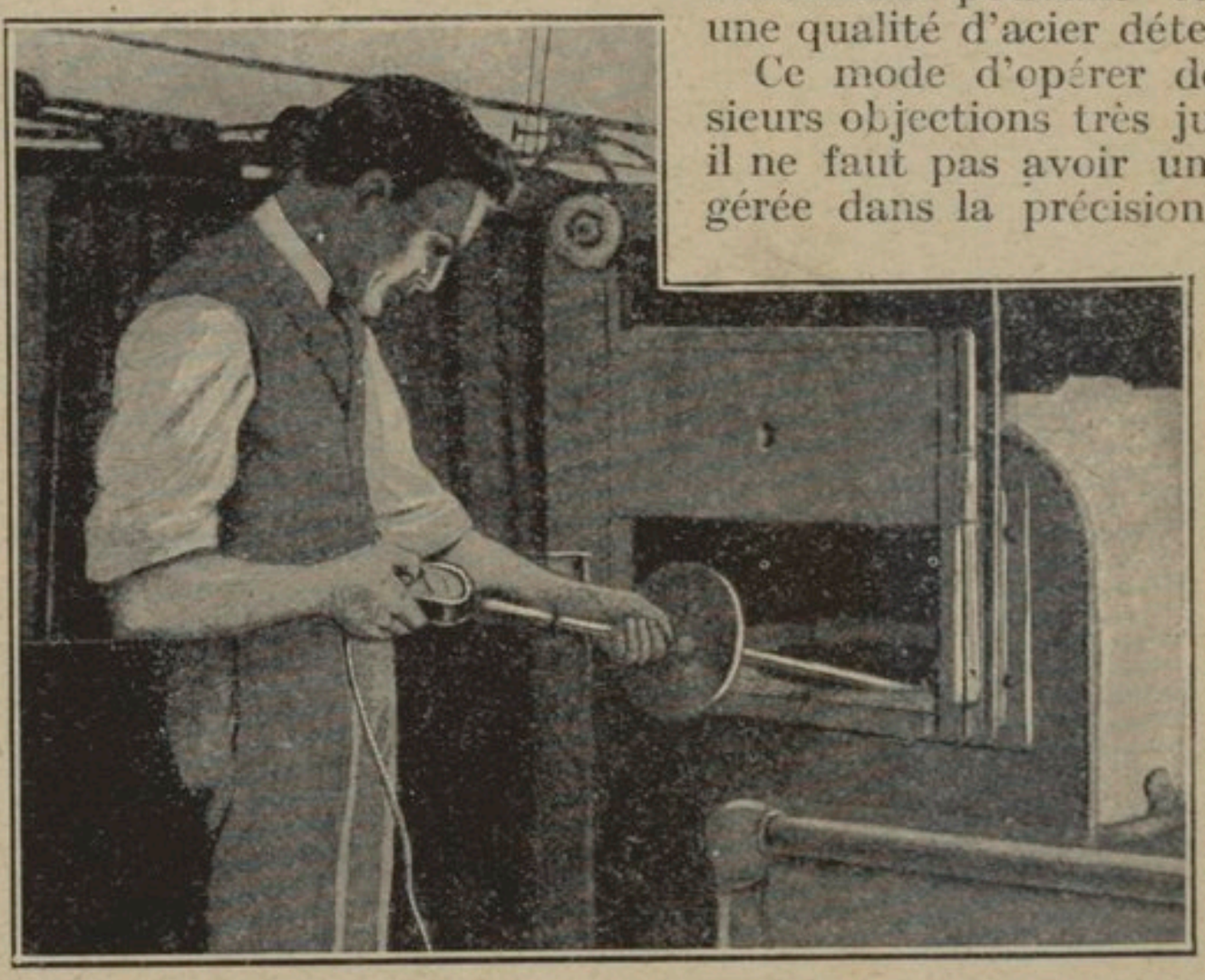
Coffres-forts flottants pour paquebots

Rien n'est actuellement prévu à bord d'un paquebot pour assurer, en cas de naufrage le sauvetage des valeurs appartenant aux passagers. En pareil cas, ceux-ci, on le sait, n'ont pas même le droit d'emporter la plus petite valise en embarquant dans les canots de sauvetage, et ce n'est que très logique. Ce n'est pas au moment où il est déjà bien difficile de sauver les existences humaines que peut s'imposer la préoccupation d'assurer la sauvegarde de la propriété des passagers. Riches et pauvres, dans un naufrage, courent exactement le même risque, comme ils courent également la chance de conserver leur bien le plus précieux : la vie.

Pourtant, et même devraient-elles changer de propriétaire, ces richesses, or, argent, bijoux, qui voyagent sur les mers, pourraient sans doute, en cas de sinistre, être arrachées aux flots d'une manière qui n'entraverait nullement le sauvetage des vies humaines, ni n'exigerait de surcroît de travail. Il suffirait de disposer en des endroits convenables du pont supérieur des paquebots un certain nombre de barils, de préférence en fer, pourvus d'une porte étanche. Dans ces barils seraient déposées des petites cassettes également étanches renfermant les valeurs et les bijoux remis par les passagers au moment de leur embarquement. Ces cassettes porteraient chacune une fiche indiquant le détail de leur contenu ainsi que le nom et l'adresse de leur propriétaire. Leur usage ne serait nullement limité qu'aux riches voyageurs. Le plus humble passager de pont, l'émigrant qui ne possède que quelques pièces d'argent pourrait y placer son pécule, si minime soit-il, car il n'aurait qu'à le mettre sous enveloppe, plusieurs plis semblables remplaçant dans une même cassette le trésor d'un passager fortuné.

Avant d'introduire les cassettes dans les barils, on les pèserait de manière à ne pas dépasser la charge limite de chaque baril correspondant à une flottabilité positive donnée, charge qui serait peinte sur la surface extérieure du récipient avec le nom du navire et celui de la compagnie à laquelle il appartient. Maintenant, on a déjà compris que, au moment où le bâtiment disparaîtrait sous les flots, les barils, un instant entraînés dans la dépression liquide, remonteraient et flotteraient à la surface. Etant munis chacun d'un large anneau à émerillon, ou de plusieurs anneaux, les navires appelés sur les lieux par les signaux de détresse — ou même, dans certains cas, les embarcations du navire sinistré elles-mêmes — pourraient, si les circonstances de temps le permettaient, recueillir ces coffres-forts flottants au moyen de gaffes et en restituer le contenu à leurs ayants droit. Dans des circonstances moins favorables, ces barils pourraient être rencontrés en mer par d'autres navires ou échouer à la côte et être sauvés en totalité ou en partie, les indications portées par eux permettant également la restitution ultérieure, l'honnêteté proverbiale des marins, en même temps que la perspective d'une juste récompense, rendant cette restitution très probable. Au pis aller, tomberaient-elles entre des mains malhonnêtes, ces valeurs n'en seraient pas moins rendues à la circulation au lieu de disparaître à jamais sous la vase des grands fonds.

Bien entendu, les portes des barils, comme celles des cassettes fermeraient à clef et les récipients seraient maintenus, pendant les traversées, sous une garde vigilante pour se prémunir contre le vol, vol très improbable puisque, découvert avant le débarquement, son auteur n'aurait guère de chance de rester ignoré. Par ailleurs, il n'est pas difficile de caler les barils sur le pont sans les amarrer afin que leur mise à flot n'exige aucun travail. La parole est maintenant aux compagnies de navigation, qui tireront peut-être profit de ces quelques indications.



OUVRIER CONSTATANT LA VARIATION DES PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES D'UNE BARRE D'ACIER CHAUFFÉE DANS UN FOUR POUR SURVEILLER SON TRAITEMENT THERMIQUE

La perte des propriétés magnétiques de l'acier sert de base à son traitement thermique

Comme son nom l'indique, le point *critique* constitue une limite qu'il est important de ne pas dépasser quand on fait subir à l'acier un traitement thermique quelconque. La détermination de la température exacte correspondant au point critique de chaque acier s'opère dans les laboratoires au moyen d'instruments très précis ; mais dans les applications pratiques, la température des fours dépasse souvent celle que les chimistes ont indiquée comme maximum pouvant être atteint pour une qualité d'acier déterminée.

Ce mode d'opérer donne lieu à plusieurs objections très justifiées. D'abord, il ne faut pas avoir une confiance exagérée dans la précision du pyromètre, la plupart du temps formé de couples thermo-électriques qui se détériorent peu à peu sous l'action de la chaleur.

D'autre part, la détermination exacte du moment précis ou l'acier atteint la température correspondant à son point critique est souvent faussée quand l'observateur chargé des lectures a un coefficient d'erreur personnelle défavorable.

Or, on a reconnu depuis longtemps qu'un acier soumis à un traitement thermique perd ses propriétés magnétiques au voisinage de son point critique. On a donc fondé sur ce phénomène un dispositif ingénieux qui sert à observer commodément l'instant précis où le point critique est atteint quand on chauffe de l'acier dans un four.

Il suffit pour ce faire de mettre l'acier traité dans un four en contact avec une bobine et de placer dans le circuit un indicateur magnétique qui cesse de fonctionner au moment précis où le métal atteint la température de son point critique. Dès que la surface de l'acier perd ses propriétés magnétiques, l'aiguille de l'indicateur se dirige vers un trait rouge et elle continue à s'en rapprocher au fur et à mesure que la chaleur pénètre à l'intérieur de la masse du métal en traitement dans le four.

V. Rubor.

CHRONOLOGIE DES FAITS DE GUERRE SUR TOUS LES FRONTS

(Nous reprenons cette chronologie aux dates suivant immédiatement celles où nous avons dû l'interrompre dans notre précédent numéro)

BELGIQUE

Juin 1917

Le 1er — *Au sud d'Ypres, des détachements anglais bombardent avec succès des abris allemands pleins de troupes. — Les Belges enlèvent un poste d'écoute, au nord de Steenstraete, et font quelques prisonniers.*

Le 5. — *Raids heureux et grande activité des Anglais au sud d'Ypres.*

Le 7. — *Grande attaque anglaise au sud d'Ypres. Nos alliés enlèvent la crête Messines-Wytschaete ainsi que des positions importantes, détruisent plus de cent canons, font près de 8.000 prisonniers, etc.*

Le 8. — *Des contre-attaques ennemies contre les positions conquises par les Anglais sont brisées par l'artillerie, après une lutte violente, dans la région de Messines.*

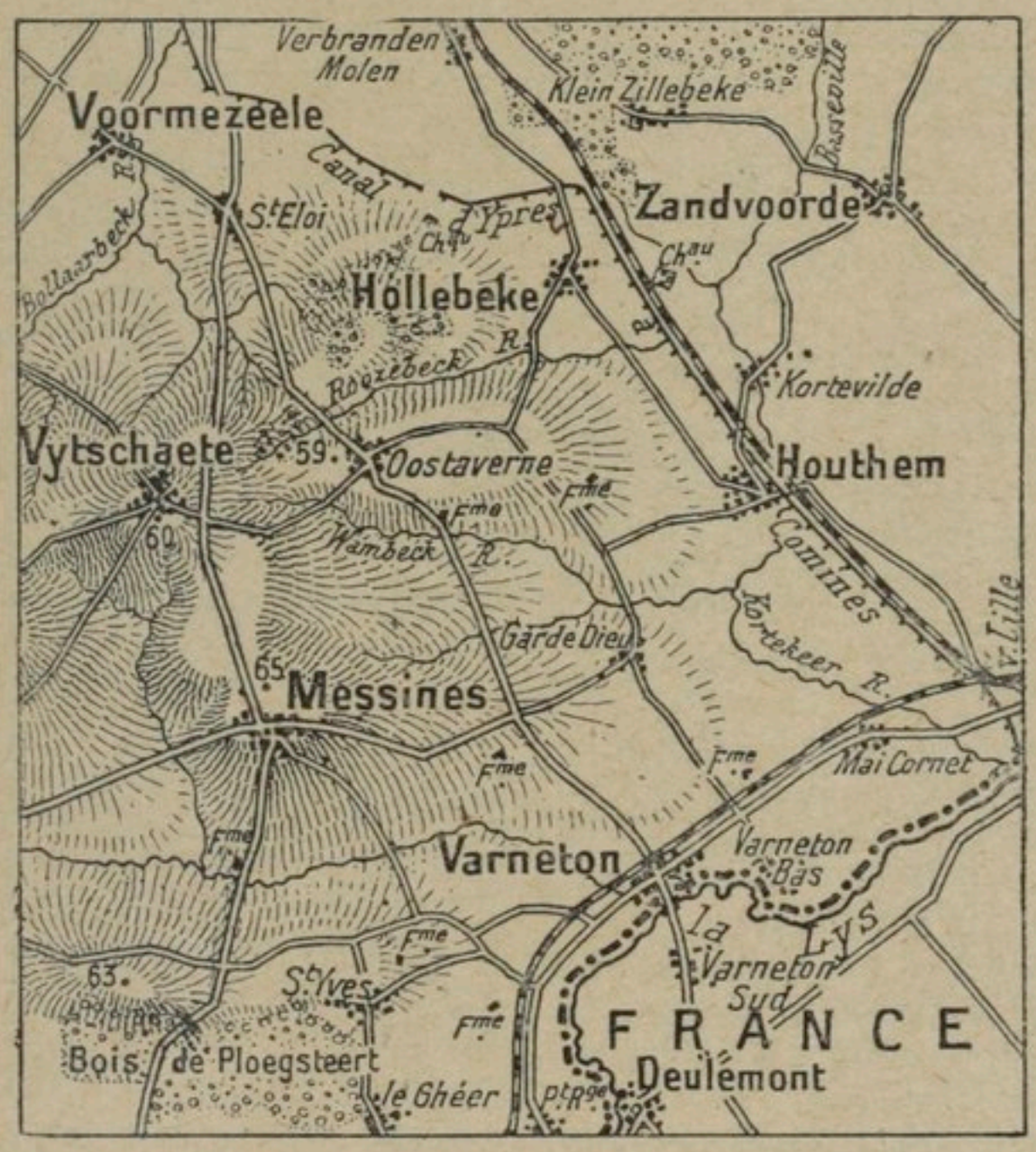
Le 9. — *Progression anglaise au sud d'Ypres.*

Le 10. — *Avance de nos alliés, sur un front de 1.500 mètres, au sud-est de Messines.*

Le 11. — *Nouvelle progression au sud-est de Messines, avec occupation du hameau de Gapaard.*

Le 13. — *Le communiqué britannique indique que nos alliés, depuis l'attaque du 7 courant, ont fait 7.342 prisonniers, dont 145 officiers, et pris 47 canons, 242 mitrailleuses et 60 mortiers. — Sous la pression anglaise, l'ennemi abandonne des lignes importantes, à l'est de Messines.*

Le 14. — *Echec allemand extrêmement grave sur les deux rives du canal d'Ypres.*



LA RÉGION DE WYTSCHAETE-MESSINES, OU LES ANGLAIS ONT REMPORTÉ UNE BELLE VICTOIRE

Le 15. — *L'ennemi, au prix de lourdes pertes, cherche vainement à reprendre le terrain perdu sur le canal d'Ypres.*

Le 18. — *Avance anglaise dans la direction de Warneton.*

Le 24. — *L'artillerie allemande, par des bombardements répétés, cherche à couper les voies de communication de l'armée belge.*

Le 27. — *L'ennemi s'empare d'une petite position au sud de Saint-Georges; il en est chassé par les Belges.*

Le 28. — *Attaques allemandes repoussées sur l'Yser.*

Le 30. — *Echec de plusieurs attaques allemandes dans la région de la fameuse Maison du Passeur.*

Juillet

Le 1er. — *Des tentatives de traversée du canal de l'Yser sont énergiquement repoussées par les troupes belges.*

Le 6. — *Progrès anglais à l'est de Wytschaete.*

Le 8. — *L'artillerie allemande bombarde violemment les positions belges de la région de Dixmude; nos alliés ripostent.*

Le 9. — *Les Anglais progressent dans la région d'Ypres et pénètrent dans les tranchées ennemies de Nieuport.*

Le 10. — *Les Allemands enlèvent les positions britanniques et réalisent une avance de 1.300 mètres, dans la région de Nieuport.*

Le 13. — *Echec d'une violente attaque ennemie contre les positions anglaises au sud de Lombaertzyde.*

Le 17. — *Heureux coups de main des Anglais dans la région de Boesinghe, où ils font de nombreux prisonniers.*

Le 19. — *Nouvelle attaque massive de l'en-*

nemi, repoussée brillamment par les Anglais au sud de Lombaertzyde.

Le 24. — *Raids anglais heureux dans les tranchées allemandes des environs d'Ypres.*

Le 31. — *Offensive anglo-française dans la région d'Ypres ; sur un front de 24 kilomètres, de Steenstraete à la Lys, les lignes allemandes sont enfoncées ; les Alliés s'emparent d'un important matériel et font plusieurs milliers de prisonniers allemands.*

Août

Le 1er. — *Furieuses attaques allemandes qui, au prix de grandes pertes, obligent les Anglais à évacuer Saint-Julien et une partie de Westhoek.*

Le 2. — *Une pluie torrentielle et ininterrompue ralentit les opérations.*

Le 3. — *Malgré le mauvais temps, les troupes britanniques reprennent Saint-Julien et progressent au sud d'Hollebecke.*

Le 4. — *Nos troupes gagnent du terrain au delà du cabaret Kortekert, nos alliés, au nord-ouest de Saint-Julien.*

Le 5. — *Nous avançons au nord-ouest de Bixschoote et les Anglais repoussent de Hollebecke les Allemands qui avaient réussi à pénétrer dans cette petite localité.*

FRONT OCCIDENTAL

Juin 1917

Le 6. — *Succès anglais, avec avance de 1.500 mètres, au nord de la Scarpe.* — *Des attaques allemandes sont brisées au Chemin des Dames.*

Le 7. — *Echec allemand au nord-ouest de Saint-Quentin.*

Le 8. — *Grande activité des deux artilleries dans la région de Saint-Quentin.*

Le 9. — *Quatre attaques allemandes sont brisées au Chemin des Dames.* — *Avance anglaise, du sud de Lens à la Bassée.*

Le 10. — *Dans la région du Chemin des Dames, à l'ouest de Cerny, les Allemands s'emparent d'un petit saillant dont ils sont bientôt chassés.*

Le 11. — *Raids heureux des Anglais dans la région d'Armentières.*

Le 14. — *Les Anglais enlèvent une partie des hauteurs dites « Infantry Hill », dans la région d'Arras.*

Le 17. — *A la suite d'un violent bombardement, les Allemands occupent un point de notre ligne avancée, dans le secteur d'Hurtebise.*

Le 18. — *En Champagne, entre le mont Cornillet et le mont Blond, nous enlevons un saillant de 500 mètres.*

Le 19. — *Forte attaque allemande repoussée contre les positions conquises la veille en Champagne.*

Le 20. — *Entre l'Ailette et le Moulin de Laffaux, l'ennemi attaque violemment, sur un front de plus d'un kilomètre ; il occupe une tranchée, à l'est de Vauxaillon.*

Le 21. — *En Champagne, reprise d'une partie des positions perdues la veille, échec de lourdes attaques ennemies et nouvelle avance de nos troupes entre le mont Cornillet et le mont Blond.*

Le 22. — *Au Chemin des Dames, succession de grosses attaques allemandes, toutes repoussées avec de lourdes pertes, sauf au centre, où l'ennemi occupe un saillant de nos lignes.*

Le 23. — *Au sud d'Armentières, les Portugais tuent ou capturent toute une forte patrouille allemande.*

Le 24. — *Dans la région de Vauxaillon, nous reprenons la presque totalité du saillant perdu le 22.* — *Progrès anglais au sud-ouest de Lens.*

Le 25. — *Brillante attaque française au nord d'Hurtebise ; nous nous emparons de la première ligne ennemie et faisons 340 prisonniers.*

Le 26. — *Au sud de Lens, les Anglais s'emparent des positions ennemies sur un front de trois kilomètres et sur une profondeur d'un kilomètre. Ils occupent le village de la Coulotte.*

Le 27. — *Des attaques contre les lignes anglaises, dans la région de Lens, et contre les nôtres, en Champagne, sont vigoureusement repoussées.*

Le 28. — *Nouvelle avance anglaise autour de Lens, sur un front de trois kilomètres ; nos obus atteignent les abords d'Avion.* — *Furieuses attaques ennemies dans la région de Cerny et dans la région du bois d'Avocourt où les Allemands pénètrent en quelques points de notre première ligne.*

Le 29. — *La bataille continue à Cerny où au prix de très lourdes pertes, l'ennemi gagne un peu de terrain.* — *Dans la région de Lens, les Anglais occupent Avion.*

Le 30. — *Les Allemands parviennent à occuper quelques points sur les pentes ouest du Mort-Homme.* — *Au sud de Lens, les Anglais enlèvent une nouvelle série de fortes positions et font des prisonniers.*

Juillet

Le 1er. — *Ardente bataille dans le secteur de Cerny et continuation de la lutte d'artillerie sur la rive gauche de la Meuse.* — *Le communiqué anglais constate qu'en juin nos alliés ont fait près de 9.000 prisonniers et pris 67 canons, 102 mortiers et 345 mitrailleuses.*

Le 2. — *Nous reprenons, en Champagne, les tranchées conquises par les Allemands.* — *Les postes avancés anglais, à l'ouest de Lens, opèrent un léger recul.*

Le 3. — *Attaques violentes et sans succès des ennemis, en Champagne et sur la rive gauche de la Meuse.*

Le 4. — *Attaque furieuse des Allemands, pendant la nuit et jusqu'au jour, contre nos positions de Jouy et du plateau de Californie. Pertes énormes des assaillants qui sont partout repoussés en désordre.*

Le 6. — *Nous enlevons deux saillants dans la région du mont Haut et du mont Cornillet, en Champagne. Quatre attaques pour nous les reprendre sont rejetées.*

Le 7. — *Echec d'une attaque ennemie vers la Main de Massiges.*

Le 8. — *Combats furieux en Champagne. Quatre assauts ennemis dans le secteur Panthéon-Froidmont. Les Allemands sont repoussés presque partout avec des pertes énormes. Ils occupent quelques points de notre première ligne.*

Le 9. — *Nous reprenons une partie du terrain perdu la veille, à la ferme Froidmont, en infligeant des pertes sévères à l'ennemi.*

Le 10. — *Au nord de Flirey, en Woëvre, attaque allemande repoussée après un vif combat.*

Le 14. — *Violente attaque ennemie repoussée au sud de Courcy. Action considérable des deux artilleries dans les régions du mont Haut, du Casque et du Téton, où les troupes françaises réalisent une avance sensible et s'emparent de diverses positions. — Offensive allemande repoussée au Chemin des Dames.*

Le 15. — *Les Allemands essaient vainement, dans une furieuse contre-attaque, de reprendre les positions perdues la veille au massif de Moronvilliers. — Attaques repoussées dans la région de Saint-Quentin.*

Le 16. — *Les deux premières lignes ennemies dans la région de Verdun, sont enfoncées depuis le bois d'Avocourt jusqu'à la cote 304.*

Le 19. — *Echec de plusieurs attaques allemandes au sud-est de Saint-Quentin. — Action violente de la garde prussienne dans la région d'Hurtebise ; échec aux deux ailes et petits gains au centre.*

Le 20. — *Les attaques allemandes dans la région Hurtebise-Craonne redoublent de fureur ; tous les assauts sont repoussés, notamment sur les plateaux de Californie et des Casemates ; les pertes des assaillants sont très élevées.*

Le 21. — *A deux reprises, l'ennemi pénètre dans nos tranchées de Cerny, et en est chassé. Sur tout le plateau de Craonne, des combats acharnés se poursuivent à notre avantage.*

Le 22. — *Tandis que l'ennemi cherche en vain à nous déloger des plateaux des Casemates et de Californie, il subit un sensible échec dans une offensive au mont Cornillet, en Champagne. — Au sud d'Avion, les Anglais pénètrent dans les lignes allemandes sur une profondeur de 300 mètres et causent de lourdes pertes à l'adversaire.*

GÉNÉRAL DILLEMAN

Commandant le corps d'armée français qui repoussa les attaques allemandes à Craonne.

Le 24. — *Dans une brillante contre-attaque, nous chassons les Allemands de quelques points occupés par eux dans la région de Craonne et nous faisons des prisonniers.*

Le 25. — *Vaine attaque ennemie au plateau de Californie, où nous consolidons tous nos gains. — Furieuse offensive allemande sur 3 kilomètres, depuis Hurtebise jusqu'à la Bovelle ; l'ennemi, au prix de lourdes pertes, occupe quelques fractions de tranchées. — Nous réalisons une avance assez sensible au nord d'Auberive.*

Le 26. — *Nous reprenons le terrain perdu la veille dans la région d'Hurtebise.*

Le 27. — *Echec d'une forte attaque allemande à l'Hartmannswillerkopf, dans la Haute-Alsace.*

Le 28. — *Violente attaque allemande, brisée par nos feux, dans la région de Hurtebise.*

Le 29. — *Entre Hurtebise et la Bovelle, au cours d'une énergique action, nous progressons sur tous les points.*

Le 30. — *Cinq bataillons français emportent de haute lutte des positions importantes, au Chemin des Dames, et font 200 prisonniers.*

Le 31. — *Echec lamentable d'une grosse attaque ennemie dans la région de Cerny.*

Août

Le 1er. — *Nous contre-attaquons à l'est de Cerny et progressons.*

Le 2. — *Les Allemands se font tuer du monde au bois d'Avocourt, mais n'avancent pas.*

Le 3. — *Attaques allemandes repoussées à Monchy-le-Preux et dans la région de Cerny.*

Le 4. — *Activité des artilleries sur l'Aisne et la Meuse.*

Le 5. — *Combats de nuit aux Casemates.*

Le 6. — *Un coup de main des troupes canadiennes les fait arriver aux portes de Lens.*

FRONT ITALIEN

Juin 1917

Le 1er. — *Une puissante attaque des Autrichiens au Vodice est repoussée avec de lourdes pertes.*

Le 2. — *Au Carso, l'infanterie italienne réussit une avance de 400 mètres sur une largeur de deux kilomètres.*

Le 3. — *Au mont San Marco, les Autrichiens tentent une attaque qui est immédiatement brisée par l'artillerie.*

Le 6. — *Gros échec autrichien au Carso. — Sur tout le front les attaques ennemies sont sévèrement repoussées.*

Le 10. — *Dans le Tyrol, les Italiens, après une bonne préparation d'artillerie, et malgré de violents orages, s'emparent du col*

d'Agnella et de plusieurs fortes positions.

Le 13. — *L'ennemi attaque au plateau d'Asiago avec des forces considérables et doit reculer, après des pertes énormes.*

Le 15. — *A l'est du Trentin, nos alliés s'emparent de positions importantes et d'un nombreux matériel.*

Le 19. — *Avance italienne au plateau d'Asiago ; prise de formidables positions ; un millier de prisonniers.*

Le 23. — *Attaquant dans le haut Cordevole, l'ennemi est repoussé avec des pertes sensibles.*

Le 25. — *Combat d'une extrême violence, avec des fluctuations, au plateau d'Asiago. — Avance italienne au Carso.*

Le 27. — *Les attaques autrichiennes sont repoussées au plateau d'Asiago.*

Le 29. — *Léger recul italien, mais sans importance tactique, au plateau d'Asiago.*

Juillet

Le 1er. — *Entre le lac de Garde et la vallée de Ledro, une offensive autrichienne est brisée par l'artillerie.*

Le 5. — *Les Italiens enlèvent des postes avancés sur le Carso ; en voulant les reprendre, l'ennemi subit des pertes sensibles.*

Le 9. — *Violente et infructueuse attaque des Autrichiens sur le Vodice.*

Du 9 au 14. — *Nombreuses actions de détail, sans grande importance, mais généralement profitables à nos alliés.*

Le 15. — *Sur tout le front, intense activité de l'artillerie italienne, détruisant les tranchées et les installations ennemies.*

Le 18. — *Les positions italiennes, à l'ouest de Versic, subissent un violent assaut autrichien, repoussé avec de lourdes pertes.*

Le 21. — *Echec d'attaques ennemies dans la région de Malga-Valgra.*

Du 22 au 31. — *Lutte d'artillerie et combats de patrouilles sur l'ensemble du front.*

Août

Du 2 au 4. — *Les Autrichiens attaquent en vain sur le Carso, à l'est de la Vertoiba et sur le Rombon.*

Le 6. — *Au sud-est de Boscomale, les Italiens s'emparent de plusieurs collines en avant de Floudar, et font des prisonniers.*

FRONT ORIENTAL

Juin 1917

Le 1er. — *Violente lutte d'artillerie dans la région de Brody.*

Le 3. — *Petit succès russe dans la région de Kovel.*

Le 4. — *Le général Broussilof est nommé généralissime en remplacement d'Alexeief.*

Le 7. — *Le général Gourko donne sa démission.*

Le 11. — *Le général Goutor prend le commandement de l'armée du général Broussilof, appelé au commandement en chef.*

Le 20. — *Réveil de l'artillerie russe sur le front de Galicie.*

Le 22. — *Activité de l'artillerie russe en Volhynie et sur la ligne Lemberg-Tarnopol.*

Le 30. — *L'intensité du feu russe augmente de jour en jour sur le front de Galicie.*

Juillet

Le 1er. — *Offensive russe en Galicie. Nos alliés ouvrent une brèche dans le front ennemi et font près de 10.000 prisonniers.*

Le 2. — *L'offensive russe se développe victorieusement sur un front de 80 kilomètres. Les prisonniers atteignent 15.000. L'ennemi perd 40 canons. — Au front du Caucase, les Russes occupent Pendjawin.*

Le 3. — *Diverses contre-attaques austro-allemandes sont repoussées avec succès.*

Le 7. — *L'armée Kornilof attaque sur 30 kilomètres, à l'ouest de Stanislau. Elle avance de 12 kilomètres, prend 48 canons, un grand nombre de mitrailleuses, et fait 7.000 prisonniers.*

Le 8. — *Poursuivant son avance, Kornilof fait encore un millier de prisonniers, prend trois canons et une quantité de mitrailleuses ainsi que des munitions.*

Le 10. — *Les Russes s'emparent de la ville de Halicz.*

Le 11. — *Poursuivant leur avance, nos alliés prennent Kalusz, après des combats acharnés.*

Le 13. — *L'ennemi dessine une puissante offensive contre Kalusz ; ses premières attaques sont repoussées.*

Le 14. — *Les Russes s'emparent de hauteurs aux abords de Kalusz.*

Le 15. — *L'offensive ennemie redouble de vigueur dans la région de Kalusz.*

Le 16. — *Par suite de l'indiscipline de certains corps, l'armée Kornilof doit évacuer Kalusz.*

Le 18. — *Au sud de Brody, les troupes du prince Léopold de Bavière enlèvent trois lignes de défenses russes, sur un front de plusieurs kilomètres.*

Le 20. — *Les Austro-Allemands progressent dans la direction de Tarnopol.*

Le 21. — *Succès russe à Krewo, direction de Wilna ; prise des positions allemandes sur un large front ; un millier de prisonniers. L'indiscipline d'une partie des troupes ne permet pas le développement de ce succès.*

Le 23. — *L'ennemi occupe Tarnopol. Les Russes évacuent Stanislau. Dans la partie sud des Carpathes, les Russo-Roumains enfoncent la ligne ennemie sur un large front.*

Le 25. — *Entre les vallées du Cassinu et de la Putna, les Russo-Roumains battent l'ennemi, font un millier de prisonniers et s'emparent de 43 canons.*

Le 26. — *La retraite russe marque un temps d'arrêt. — Elargissant leur succès, les Russo-Roumains s'avancent jusqu'à la Putna et s'y organisent. Sur une largeur de 30 kilomètres et une profondeur de 15, le front en-*

nemi est nettement enfoncé.

Le 28. — *La rupture du front ennemi par les Russo-Roumains atteint une largeur de 60 kilomètres ; nos alliés ont fait près de 5.000 prisonniers et pris 98 canons.*

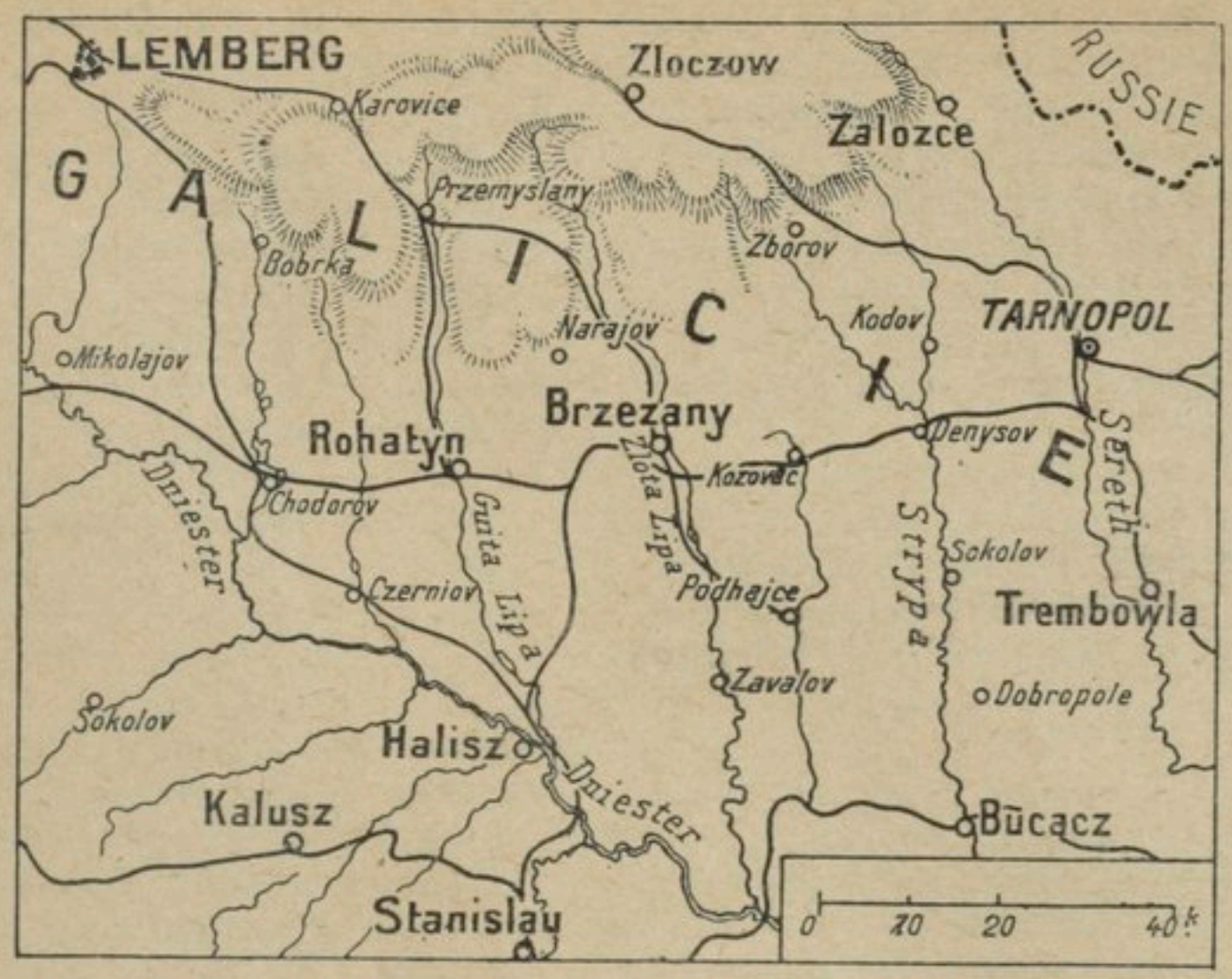
Août

Le 1er. — *Les Russes se replient derrière le Zbroucz, mais tiennent tête dans la région de Groimalow. Sur le front de Roumanie, la pression austro-allemande s'accentue constamment et devient inquiétante.*

Le 2. — *Les troupes russo-roumaines se replient en Moldavie.*

Le 3. — *Czernowitz et Kimpolung sont évacués. On se bat sur la rivière Bistritza.*

Le 5. — *Les Allemands progressent continuellement dans la direction de Chotin.*



LA RÉGION DE L'OFFENSIVE DE KORNILOF PUIS DE LA RETRAITE RUSSE

FRONT DES BALKANS

Juin 1917

Le 1er. — *L'ennemi s'empare de quelques positions dans la région de Ljumnica. Il en est chassé.*

Le 4. — *Activité des deux artilleries sur le Vardar.*

Le 6. — *Dans la région du lac Doiran, dispersion de contingents ennemis par les Anglais.*

Le 10. — *Les Italiens occupent Janina.*

Le 11. — *Abdication forcée du roi Constantin. — Les troupes anglo-françaises pénètrent en Thessalie.*

Le 12. — *Malgré un guet-apens grec qui nous coûte six morts et vingt blessés, nous occupons Larissa. Le général Baïvar, auteur du guet-apens, est arrêté.*

Le 13. — *Nos troupes occupent Volo.*

Le 14. — *Trois attaques ennemies contre les lignes anglaises, dans la région du lac Doiran, sont repoussées.*

Le 15. — *La cavalerie française occupe de nombreuses localités de Thessalie.*

Le 18. — *Vive lutte d'artillerie dans la région de Monastir.*

Le 19. — *En raison des fièvres qui menacent de décimer nos troupes, nous évacuons le terrain à l'est de la Strouma, mais nous le dominons par nos nouvelles positions.*

Le 23. — *Dans le Krarico, les Serbes infligent aux Bulgares un sérieux échec.*

Le 26. — *Attaque bulgare repoussée dans la région de Moglenica.*

Juillet

Le 2. — *Bombardement et attaque du front italien. Les Bulgares sont énergiquement repoussés.*

Le 10. — *Petits combats heureux sur le front du Vardar.*

Le 12. — *Echec de plusieurs attaques bulgares sur la Strouma.*

Le 16. — *Dans la région de Monastir, les Bulgares cherchent à pénétrer dans nos lignes et sont repoussés.*

Le 21. — *L'ennemi échoue dans une vive attaque du front serbe de Staravina.*

Le 25. — *Echec d'une attaque ennemie au lac Okrida.*

Le 29. — *Dans la boucle de la Cerna, plusieurs petits échecs bulgares.*

Août

Le 4. — *A l'est du Vardar, près de Roselli, échec d'un coup de main bulgare.*

Le 6. — *Combats de patrouilles dans la vallée de la Strouma. A l'ouest du lac Malick, l'ennemi est chassé des hauteurs du Kaçaka.*

SUR MER

Juin 1917

Le 1er. — *On signale de Rome que le sous-marin français* Circé *a coulé un sous-marin autrichien, le 26 mai, devant Cattaro. — Le paquebot* Yarra, *des Messageries Maritimes, a été coulé en Méditerranée.*

Le 2. — *Le transport anglais* Cameronian *est coulé en Méditerranée; 63 morts.*

Le 6. — *Un communiqué officiel signale l'arrivée de deux navires de guerre américains sur les côtes françaises.*

Le 8. — *Torpillage du paquebot* Sequana *dans l'Atlantique; 190 disparus.*

Le 11. — *Le sous-marin allemand* U-52, *gravement avarié, est remorqué dans le port de Cadix. — L'*Annam, *des Messageries Maritimes, est coulé en Méditerranée; pas de victimes.*

Le 12. — *Une flottille japonaise, en service de patrouille, rencontre et coule un sous-marin ennemi, en Méditerranée.*

Le 13. — *Le croiseur auxiliaire anglais* Avenger *est torpillé dans la mer du Nord; le navire est coulé ; pas de victimes.*
Le 19. — *Le sous-marin français* Ariane *est torpillé et coulé dans la Méditerranée.*
Le 27. — *Le croiseur* Kléber *sombre sur une mine, au large de Brest; 38 victimes.*
Le 28. — *Le contre-torpilleur grec* Baxa *(équipage français) est coulé en Méditerranée; 29 morts.*
Le 29. — *Le gouvernement espagnol autorise le sous-marin allemand* U-52 *à quitter Cadix.*
Le 30. — *Le transport* Calédonien, *paquebot des Messageries Maritimes, est coulé, le 30 juin, en Méditerranée; 51 victimes.*

Juillet

Le 4. — *Le gouvernement des Etats-Unis annonce que des navires américains ont lutté victorieusement contre de grands sous-marins, dont l'un a été coulé. — La ville de Ponta-Belgada, aux Açores, est bombardée par un sous-marin; un mort et quelques blessés.*
Le 7. — *On annonce que l'*Orléans, *le vaisseau américain qui, le premier, franchit la ligne du blocus, a été coulé.*
Le 11. — *Le dragueur de mines* Jupiter n° 1 *saute au large de Calais ; onze morts.*
Le 16. — *Une escadrille anglaise capture dans la mer du Nord quatre vapeurs allemands qui s'étaient échappés de Hollande.*
Le 22. — *Des navires japonais, convoyant des transports britanniques, attaquent et coulent un sous-marin ennemi, en Méditerranée.*
Le 27. — *Un sous-marin anglais capture le vapeur allemand* Batavier-II.
Le 30. — *A la Chambre des Communes, M. Balfour confirme que la flotte du Brésil patrouille avec les marines alliées sur le littoral américain.*
Le 31. — *Le sous-marin allemand* U-B-23, *qui s'était réfugié à la Corogne, dans l'intention de s'y réparer, est interné au Ferrol.*

DANS LES AIRS

Juin 1917

Le 1er. — *On annonce que Guynemer a abattu quatre avions dans la même journée. — Des hydravions anglais, partis de Dunkerque, bombardent efficacement Ostende, Zeebrugge et Bruges.*
Le 3. — *Bombes allemandes sur Dunkerque et Nancy; plusieurs victimes à Dunkerque.*
Le 4. — *Les aviateurs allemands tuent trois personnes à Epernay et une dizaine à Château-Thierry. — Nous bombardons la ville de Trèves. — Seize appareils ennemis survolent l'estuaire de la Tamise et bombardent Essex; deux de ces avions sont détruits ; il y a 12 tués et 36 blessés.*
Le 5. — *Bombardement de la gare de Thionville et de l'aérodrome de Colmar. — Efficace bombardement de navires dans le port de Zeebrugge, au moyen d'obus et de bombes.*
Le 7. — *Bombardement des gares de ravitaillement d'Avricourt et de Réchicourt.*
Le 11. — *Près de Douvres, un avion anglais détruit deux hydravions allemands et en chasse trois autres.*
Le 13. — *Raid d'avions ennemis sur Londres et sa banlieue; 104 morts et 413 blessés. Aucun dégât militaire ou naval.*
Le 14. — *Un zeppelin est abattu par les Anglais dans la mer du Nord.*
Le 17. — *Deux dirigeables allemands survolent la côte anglaise; l'un d'eux est abattu en flammes. Le raid a causé trois décès; il y a eu 20 blessés. — Bombes allemandes sur la gare de Nancy ; 17 soldats tués.*
Le 28. — *On annonce officiellement que l'aviateur Dorme a disparu depuis le 25 mai.*
Le 30. — *Bombes incendiaires sur Venise; pas de victimes. En représailles, les aviateurs italiens bombardent avec un succès marqué les établissements militaires de Trieste.*

Juillet

Le 4. — *Des avions allemands survolent l'Angleterre et bombardent Harwich; 11 morts, 36 blessés. Deux des avions allemands sont abattus au retour.*
Le 6. — *Bombardement de la région d'Epernay par des avions allemands.*
Le 7. — *Le maréchal des logis Gallois bombarde les usines Krupp, à Essen. D'autres aviateurs bombardent Trèves, Ludwigshafen, Coblentz, etc. — Vingt avions allemands bombardent Londres; 10 sont abattus.*
Le 9. — *Deux hydravions allemands sont détruits par le chalutier anglais* Inland. — *L'aviation navale anglaise bombarde le ministère de la Guerre à Constantinople, ainsi que la flotte turco-allemande ; le* Gœben *est gravement endommagé.*
Le 14. — *Bombes allemandes sur la région de Nancy ; deux femmes et un enfant sont tués. — Le champion français Lapize est tué dans un combat aérien.*
Le 22. — *Raid de quinze à vingt avions ennemis sur la région de Harwich ; onze tués, vingt-six blessés ; un appareil ennemi est détruit.*
Le 27. — *Au cours de cette journée, les aviateurs anglais abattent 31 appareils allemands.*
Le 29. — *Raids anglais sur Bruges, Thourout, Ghistelles, etc.*
Le 31. — *On annonce que Guynemer vient d'abattre son 50e avion ennemi.*

Août

Le 2. — *Le lieutenant Marcel Hugues prend rang parmi nos « as ». — 41.000 kilos de projectiles sont jetés sur les gares de Roulers, Metz, Thionville, Montmédy et sur de nombreux cantonnements ennemis.*
Le 4. — *Une escadrille italienne, composée de 36 avions, bombarde l'arsenal de Pola.*
Le 6. — *L'aviation anglaise redevient active et descend huit avions ennemis devant Ypres.*

Le gérant : Lucien Josse.

Paris. — Imp. Verdier, 18, rue d'Enghien.

LE PROCHAIN NUMÉRO DE
“ LA SCIENCE ET LA VIE ”
PARAITRA EN NOVEMBRE

LECTEURS DE "LA SCIENCE ET LA VIE"
VOUS QUI AIMEZ LES RÉALITÉS

Vous avez peut-être
TOUT LU

Mais vous n'avez
RIEN VU

SI VOUS N'ACHETEZ PAS CHAQUE JOUR

EXCELSIOR

Le seul **ILLUSTRÉ QUOTIDIEN** français

C'EST UN JOURNAL
FAIT POUR VOUS